



TUGAS AKHIR - TE 141599

MESIN PEMANGGANG BIJI KOPI DENGAN SUHU TERKENDALI MENGGUNAKAN ARDUINO DUE

Irwan Juniar Sasongko
NRP 07111645000019

Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----



TUGAS AKHIR - TE 141599

**MESIN PEMANGGANG BIJI KOPI DENGAN SUHU
TERKENDALI MENGGUNAKAN ARDUINO DUE**

Irwan Juniar Sasongko
NRP 07111645000019

Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----



FINAL PROJECT - TE 141599

**COFFEE BEAN ROASTING MACHINE WITH
CONTROLLED TEMPERATURE USING ARDUINO DUE**

Irwan Juniar Sasongko
NRP 07111645000019

Advisor
Dr. Muhammad Rivai S.T., M.T.

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Electrical Technology
Institute Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "**MESIN PEMANGGANG BIJI KOPI DENGAN SUHU TERKENDALI MENGGUNAKAN ARDUINO DUE**" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 2 juli 2018



Irwan Juniar Sasongko
NRP 07111645000019

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

**MESIN PEMANGGANG BIJI KOPI DENGAN SUHU
TERKENDALI MENGGUNAKAN ARDUINO DUE**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Elektronika
Departemen Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui:

Dosen Pembimbing



Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.

NIP: 196904261994031003



-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

MESIN PEMANGGANG BIJI KOPI DENGAN SUHU TERKENDALI MENGGUNAKAN ARDUINO DUE

Nama : Irwan Juniar Sasongko
Pembimbing : Dr. Muhammad Rivai S.T., M.T.

ABSTRAK

Indonesia merupakan Negara yang menghasilkan produk berupa biji kopi baik mentah maupun dalam kemasan. Produk ini merupakan salah satu komoditas unggulan bagi pendapatan nasional Negara Indonesia. Banyak teknologi pemanggangan biji kopi yang telah dibuat, namun kebanyakan memanfaatkan energi listrik sebagai sumber pemanas sehingga meningkatkan biaya operasional. Pada penelitian ini telah dibuat mesin pemanggang biji kopi dengan suhu terkendali menggunakan arduino due. Mesin pemanggang didesain seperti oven yang memiliki 2 lapisan bagian dalam dan luar. Peralatan ini memanfaatkan kompor gas *portable* sebagai alat pemanas pemanggang kopi dan menggunakan sensor suhu RTD (*Resistance Temperature Detector*). Daerah kerja sensor suhu yang digunakan -200 - 600°C. Sensor suhu akan memberikan *feedback* pada sistem kontrol proportional yang akan menggerakkan motor servo sebagai pengatur besar kecilnya nyala api yang digunakan pada proses pemanggangan biji kopi. Mikrokontroler dipilih menggunakan arduino due karena memiliki kecepatan akses data yang cepat. Devais ini merupakan mikrokontroler ARM (*Advanced RISC Machine*) dengan keunggulan memiliki performa yang baik dan juga efisiensi daya dengan tegangan kerja mikrokontroler ARM sebesar 3.3Volt. Terdapat beberapa kecocokan nilai histogram RGB(*Red Green Blue*) dari hasil penyangraian biji kopi dengan kopi yang telah di *roasting* oleh seorang ahli. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa tingkat kematangan biji kopi dapat ditentukan berdasarkan suhu akhir dari biji kopi 235°C untuk tingkat kematangan *medium roast*, 240°C untuk tingkat kematangan *dark roast*.

Kata Kunci : Arduino Due, ARM, *Dark roast* , Histogram, *Medium roast*, RGB(*Red Green Blue*), RTD PT100, Sensor Suhu.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

COFFEE BEAN ROASTING MACHINE WITH CONTROLLED TEMPERATURE USING ARDUINO DUE

Nama : Irwan Juniar Sasongko
Pembimbing : Dr. Muhammad Rivai S.T., M.T.

ABSTRACT

Indonesia is a country that produces both raw and packaged coffee beans. This product is one of the leading for the national income of the State of Indonesia. Many coffee roasting technologies have been created, but mostly used as an energy source for operational improvement. In this research have been made machine with controlled temperature grill using arduino. The roaster machine is designed like an oven that has inner and outer layers. This equipment uses a portable gas stove as a heater and use a temperature sensor RTD (Resistance Temperature Detector). Temperature sensor working area to be used - 200 - 600 °C. The temperature sensor will provide feedback on a proportional control system that will drive the servo motor as a regulator of the size of the flame in the roasting process. Microcontroller is chosen using arduino because it has fastest access data. This device is an ARM microcontroller (Advanced RISC Machine) that have good performance and also efficient with ARM microcontroller working voltage of 3.3Volt. There are several matching values of RGB (Red Green Blue) histogram from the roasting of coffee beans with coffee that has been roasted by an expert. The experimental results show that the coffee bean temperature at the end of roasting is 235 °C for medium roasted maturity level, 240 °C for the level of dark roast maturity.

Keywords : *Arduino Due, ARM, Dark roast, Histogram, Medium roast, RGB(Red Green Blue), RTD PT100, Temperature Sensor.*

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir dengan judul **“MESIN PEMANGGANG BIJI KOPI DENGAN SUHU TERKENDALI MENGGUNAKAN ARDUINO DUE”** dapat terselesaikan dengan baik. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan Strata-1 pada Bidang Studi Teknik Elektronika, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ungkapan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu pembuatan Tugas Akhir ini, khususnya kepada:

1. Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ir. Tasripan, M.T., Dr.Eng., Ir. Totok Mujiono, M.IKom, Astria Nur Irfansyah, S.T., M.Eng., PhD., Fajar Budiman, S.T., M.Sc. sebagai penguji yang telah banyak memberikan saran dan masukannya.
3. Pimpinan dan civitas akademika Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknologi Elektro – ITS.
4. Ibu, Ayah dan saudaraku, atas segala dukungan dan doanya hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman seperjuangan Lintas Jalur Elektronika 2016, serta teman-teman antar jurusan terima kasih atas bantuan, kebersamaan, dukungan serta motivasi yang tiada henti demi terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari dan memohon maaf atas segala kekurangan pada Tugas Akhir ini. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dalam pengembangan keilmuan di kemudian hari.

Surabaya, 2 Juli 2018

Penulis

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN.....	viii
ABSTRACT.....	xiii
KATA PENGANTAR.....	xv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
 1 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Metodologi Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Laporan.....	4
1.7 Relevansi.....	5
 2 BAB II TEORI DASAR.....	 7
2.1 Biji Kopi (<i>Coffee Bean</i>).....	7
2.2 Tingkat Kematangan Kopi.....	7
2.3 Teknik Pemangangan Biji Kopi.....	10
2.4 Arduino Due.....	12
2.5 Sensor Suhu RTD PT100.....	14
2.6 Motor Servo.....	15
2.6.1 Cara Mengendalikan Motor Servo.....	16
2.7 Kontrol PID (Proportional Integral Derivative).....	18
2.8 Ziegler-nichols open loop tuning method.....	19
 3 BAB III PERANCANGAN ALAT.....	 21
3.1 Diagram Fungsional Sistem.....	21
3.2 Perancangan Mekanik.....	22
3.2.1 Desain Mesin Pemanggang Biji Kopi.....	22
3.2.2 Desain Silinder Pemanggang biji kopi.....	24
3.3 Perancangan Dan Pembuatan Elektrik.....	25

3.3.1	Perancangan Shield Arduino Due	25
3.3.2	Perancangan Rangkaian Peregulasi Tegangan	27
3.3.3	Perancangan Rangkaian Pengkondisi Sinyal	28
3.3.4	Perancangan Wiring Motor Servo.....	29
3.4	Perancangan <i>Software</i>	29
3.4.1	Algoritma Pemanggangan Biji Kopi	29
4	BAB IV PENGUKURAN DAN PENGUJIAN	37
4.1	Pengukuran Dan Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal	37
4.2	Pengukuran Dan Pengujian Sensor RTD PT100	38
4.3	Pegukuran Dan Pengujian Motor Servo.....	41
4.4	Pengujian Nyala Api	41
4.5	Pengujian Kontrol Proportional	42
4.6	Pengujian Sistem Keseluruhan	44
4.7	Pengujian Hasil Pemanggangan.....	50
5	BAB V PENUTUP	55
5.1	Kesimpulan	55
5.2	Saran	55
6	DAFTAR PUSTAKA	57

DAFTAR GAMBAR

HALAMAN

Gambar 1.1 Tanaman kopi.	2
Gambar 2.1 <i>Light roast</i>	8
Gambar 2.2 <i>Medium roast</i>	8
Gambar 2.3 <i>Dark roast</i>	8
Gambar 2.4 Urutan tingkat kematangan pemanggangan kopi.	10
Gambar 2.5 Diagram block Atmel ARM Cortex-M3 CPU.	13
Gambar 2.6 Grafik perbandingan bahan <i>platinum</i> , <i>nickel</i> dan <i>copper</i>	14
Gambar 2.7 Rangkaian sumber arus.	15
Gambar 2.8 Diagram block motor servo.	16
Gambar 2.9 Motor Servo.	17
Gambar 2.10 Bentuk pulsa kendali motor servo.	17
Gambar 2.11 Pulsa PWM.	18
Gambar 2.12 Diagram Blok kontrol PID.	19
Gambar 2.13 Analisa grafis pada <i>open loop</i>	19
Gambar 3.1 Diagram Fungsional Sistem.	21
Gambar 3.2 Mekanik mesin pemanggang.	23
Gambar 3.3 Desain oven pemanggang biji kopi.	23
Gambar 3.4 Kipas pendingin dan Motor DC.	24
Gambar 3.5 Silinder wadah biji kopi.	24
Gambar 3.6 Pengaduk dalam silinder.	25
Gambar 3.7 Skematik secara keseluruhan shield Arduino due.	26
Gambar 3.8 Skematik rangkaian peregolasi tegangan.	27
Gambar 3.9 Skematik rangkaian pengkondisi sinyal.	28
Gambar 3.10 Gambar <i>wiring</i> motor servo pada <i>shield</i> arduino due	29
Gambar 3.11 <i>Flowchart</i> program bagian 1.	30
Gambar 3.12 <i>Flowchart</i> program bagian 2.	31
Gambar 4.1 Pengukuran arus rangkaian pengkondisi sinyal.	37
Gambar 4.2 Pengujian sensor RTD PT100.	38
Gambar 4.3 Plot data hasil pengukuran sensor suhu.	40
Gambar 4.4 Respon sensor RTD PT100.	40
Gambar 4.5 Pengujian Motor Servo dengan busur derajat.	41
Gambar 4.6 Pengujian nyala api.	42
Gambar 4.7 Grafik respon sistem.	44
Gambar 4.8 Hasil pengujian <i>set point</i> 240°C.	45
Gambar 4.9 Grafik respon pemanggangan 240°C.	45

Gambar 4.10 Grafik respon pemanggangan 235°C.....46

Gambar 4.11 Hasil pengujian sistem dengan set point suhu 235°C.46

Gambar 4.12 Grafik respon pemanggangan 230°C.....47

Gambar 4.13 Hasil pengujian sistem dengan set point suhu 230°C.47

Gambar 4.14 Grafik respon pemanggangan 225°C.....48

Gambar 4.15 Hasil pengujian sistem dengan set point suhu 225°C.48

Gambar 4.16 Grafik respon pemanggangan dengan kontrol P..... 50

DAFTAR TABEL

HALAMAN

Tabel 2.1 Tingkat kematangan biji kopi .	10
Tabel 2.2 Parameter perbedaan deteksi bahan RTD	15
Tabel 2.3 Formulasi aturan <i>Ziegler-nichols open loop</i> .	20
Tabel 3.1 Tingkat kematangan biji kopi.	30
Tabel 3.2 Pin input arduino.	33
Tabel 3.3 Pin output arduino.	33
Tabel 4.1 Pengukuran sensor RTD PT 100.	39
Tabel 4.2 Hasil pengujian motor servo.	41
Tabel 4.3 Pengujian nyala api.	42
Tabel 4.4 Hasil pengujian kontrol proportional.	43
Tabel 4.5 Hasil pengujian sistem keseluruhan dengan kontrol P	49
Tabel 4.6 Tabel hasil pemanggangan <i>medium roast</i> .	51
Tabel 4.7 Tabel hasil pemanggangan <i>dark roast</i> .	52

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia merupakan salah satu Negara yang menghasilkan produk berupa biji kopi. Biji kopi yang dihasilkan baik mentah maupun dalam kemasan merupakan salah satu komoditas unggulan bagi pendapatan nasional Negara Indonesia. Pada tahun 2015 ekspor dibagian perkebunan Negara Indonesia mencapai hingga US\$23.93 milyar atau sekitar Rp. 311.1 triliun dengan asumsi nilai tukar dollar (1US\$=Rp.13.000) [1].

Pada tahun 2015 tingkat ekspor biji kopi Negara Indonesia mencapai 502.201 ton atau setara dengan US\$ 1.197.735. Pada tahun 2016 ekspor biji kopi mencapai 267.058 ton atau setara dengan US\$ 650.216. Namun untuk data tahun 2016 yang diambil hanya baru sampai pada bulan September. Untuk *import* biji kopi Negara Indonesia pada tahun 2015 hanya diangka 12.462 ton atau setara dengan nilai US\$ 31.492. Pada tahun 2016 *import* biji kopi Negara Indonesia hanya mencapai angka 23.902 ton atau setara dengan nilai US\$ 45.117 [1].

Sektor perkebunan terluas penghasil biji kopi yang pertama adalah pulau sumatera memiliki tingkat luas lahan sebesar 777.533 Ha dengan jumlah produksi mencapai 433.812 ton per-tahun. Pada urutan ke-dua ialah pulau jawa memiliki luas lahan sebesar 143.603 Ha dengan produksi biji kopi 74.744 ton per-tahun. Diurutan ke-tiga dari nusa tenggara memiliki luas lahan sebesar 113.448 Ha dengan produksi biji kopi 43.195 ton per-tahun. Penghasil terbesar ke-empat dari Sulawesi memiliki luas lahan sebesar 112.618 Ha dengan produksi biji kopi sebesar 41.053 ton per-tahun. Sisanya dari pulau Kalimantan dan Maluku beserta papua. Data area dan produksi diambil pada tahun 2015 [1].



Gambar 1.1 Tanaman kopi[1].

Berdasarkan data dari dirjen perkebunan tahun 2015-2017. Sektor komoditas perkebunan kopi di Indonesia memang menjadi salah satu unggulan dalam pendapatan nasional devisa Negara. Terbukti dengan tingkat ekspor yang tinggi.

Mayoritas biji kopi yang dihasilkan oleh Negara Indonesia merupakan biji kopi robusta. Perbandingan 93% kopi robusta dan 7% kopi arabika. Dinilai dari minat dan segi harga, kopi arabika lebih mahal dan juga banyak diminati. Pasar internasional New York menunjukkan harga biji kopi arabika mencapai Rp. 38.000 per kilogram. Harga biji kopi dari para petani di Negara Indonesia yakni sekitar Rp. 19.000 hingga Rp. 20.000. Pengolahan yang lebih baik pasca panen dapat memungkinkan jika harga beli dari para petani di Indonesia bisa lebih baik [3].

Kunci dari rasa dan aroma yang dihasilkan biji kopi terletak pada saat proses pemanggangan. Suhu yang terkendali akan menghasilkan kematangan yang merata. Tingkat kematangan pada saat proses pemanggangan biji kopi ditentukan oleh beberapa parameter yaitu perubahan warna, lama waktu pemanggangan dan suhu yang dihasilkan [3].

Teknologi saat ini yang telah dikembangkan menggunakan pemanas dengan energi listrik. Dimana dalam pengaplikasiannya sangat bergantung pada sumber listrik yang ada. Pemanfaatan kompor gas *portable* dengan sedikit modifikasi pada kompor gas *portable*, dapat dimanfaatkan sebagai sumber panas untuk memanggang biji kopi. Kompor gas *portable* dapat diaplikasikan disegala tempat tanpa

ketergantungan adanya sumber listrik[3]. Dengan menerapkan kontrol Proportional sebagai pengendali suhu pada pemanggang biji kopi. Diharapkan suhu dapat terkendali dengan baik sehingga kematangan biji kopi bisa merata dengan baik.

1.2 Permasalahan

Permasalahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mendesain mekanik mesin pemanggang biji kopi.
2. Jenis sensor yang digunakan sebagai parameter kematangan kopi.
3. Metoda kontrol yang digunakan pada proses penyangraian biji kopi dapat matang dengan tingkat kematangan yang diinginkan.
4. Bagaimana pengimplementasian sistem kontrol pemanggang biji kopi.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Berat biji kopi saat penyangraian 150gram.
2. Alat yang dibuat merupakan prototip.

1.4 Tujuan

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat alat pemanggang kopi menggunakan kompor gas sebagai pemanas.
2. Penggunaan sensor suhu RTD PT100 sebagai parameter kematangan kopi.
3. Implementasi sistem kontrol proportional dengan memanfaatkan sensor suhu.
4. Rancang bangun sistem kontrol pemanggang biji kopi menggunakan arduino due.

1.5 Metodologi Penelitian

Pada bagian ini metodologi penelitian perancangan mesin pemanggang biji kopi terbagi menjadi empat bagian yaitu studi literatur, perancangan sistem, pengujian sistem dan hasil pengujian sistem, penyusunan laporan.

Pada tahapan studi literatur dilakukan pencarian baik buku maupun jurnal terkait dengan teori penunjang Tugas Akhir. Mengenai cara pemilihan biji kopi yang tepat, cara pemanggangan biji kopi, parameter

kematangan biji kopi. Meliputi teori tentang sensor suhu RTD PT100 dengan beberapa rangkaian sederhana sebagai pengkondisi sinyal.

Pada tahapan perancangan sistem terbagi menjadi dua bagian yaitu perancangan *platform* dan juga perancangan *software*. Pada tahapan perancangan *platform* desain mekanik pemanggang biji kopi terlebih dahulu dibuat sesuai dengan ketentuan yang telah dipilih, yang meliputi peletakan sensor suhu dan juga penempatan motor DC sebagai penggerak silinder yang berisi biji kopi. Pada tahapan perancangan *software* menggunakan Arduino IDE untuk pemrograman *setpoint* suhu pada mikrokontroler Arduino due.

Setelah sistem selesai dirancang maka dilakukan pengujian dari segi *hardware* maupun *software*. Pada pengujian bagian *software* dilakukan untuk menguji seberapa baik algoritma yang diterapkan pada pengakuisisian data dari sensor suhu. Pada pengujian *hardware* dilakukan agar mengetahui sistem telah berjalan dengan baik atau belum.

1.6 Sistematika Laporan

Pembahasan tugas akhir ini dibagi menjadi lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Pada bab pendahuluan, menjelaskan mengenai latar belakang pemilihan topik, perumusan masalah dan batasan masalah. Bab ini juga membahas mengenai tujuan penelitian, metodologi, sistematika laporan, dan relevansi dari penelitian yang dilakukan.

Bab II Teori Dasar

Pada bab ini menjelaskan tentang rangkuman singkat semua materi terkait tentang pemanggang biji kopi yang terdapat di dalam berbagai referensi. Bab ini juga menjelaskan tentang teknik, peralatan, atau teknologi yang akan dan atau telah digunakan dalam penelitian yang akan atau sedang dilaksanakan.

Bab III Perancangan Alat

Pada bab ini diuraikan desain, metode yang digunakan dalam menjawab permasalahan pada penelitian untuk mencapai tujuan penelitian.

Bab IV Pengukuran Dan Pengujian

Pada bab ini menjelaskan beberapa analisa dengan menerapkan metode yang telah diberikan dalam metodologi penelitian, sampai diperoleh suatu hasil penelitian.

Bab V Penutup

Pada bagian bab penutup, dibahas mengenai kesimpulan dan saran dari hasil pengujian.

1.7 Relevansi

Diharapkan pada Tugas Akhir ini dapat memberikan kontribusi untuk proses pemanggangan biji kopi. Dengan memanfaatkan teknik menentukan kematangan dari suhu akhir dari biji kopi. Dengan adanya mesin pemanggang ini dapat dimanfaatkan oleh konsumen dalam hal memanggang biji kopi walaupun tanpa adanya keahlian.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB II

TEORI DASAR

Dibutuhkan beberapa teori penunjang dalam proses pembuatan sistem pada penelitian ini. Sistem yang dibuat bertujuan untuk mendapatkan hasil pemanggangan yang lebih baik dengan adanya monitoring terhadap suhu daripada memanggang secara konvensional dengan tanpa bantuan adanya monitoring suhu. Sehingga diperlukan pengetahuan tentang karakteristik pemanggangan biji kopi, pengetahuan tentang sensor suhu yang diperlukan untuk proses pengambilan data selama pemanggangan sebagai parameter tingkat kematangan biji kopi.

2.1 Biji Kopi (*Coffee Bean*)

Biji kopi pertama kali dikenal dan mulai dikonsumsi pada abad ke-9 di Ethiopia. Dari Ethiopia berlanjut penyebaran biji kopi ke Mesir dan juga Yaman. Di abad ke-15 menyebar di daerah Armenia, Persia, Turki, dan Afrika utara. Tanaman kopi yang dikembangkan di Indonesia memiliki dua jenis yaitu biji kopi arabika adalah tanaman kopi yang berasal dari Ethiopia. Tanaman kopi arabika tumbuh pada ketinggian 700 hingga 1700 mdpl. Jenis kopi arabika merupakan yang paling banyak dicari oleh para penggemar minuman kopi karena rasanya yang dianggap paling enak. Biji kopi robusta adalah keturunan dari beberapa tanaman kopi yang ada. Tanaman kopi robusta tumbuh pada ketinggian 700 mdpl dimana tanaman kopi arabika tidak akan tumbuh pada ketinggian tersebut.

2.2 Tingkat Kematangan Kopi

Tingkat kematangan biji kopi mempengaruhi karakter rasa dari minuman kopi. Terdapat macam-macam tingkat kematangan kopi yaitu *light roast*, *medium roast*, *dark roast*.

1. Light roast

Pada tingkat kematangan *light roast* rasa yang dihasilkan oleh minuman kopi cenderung asam dan aroma khas kopi yang dihasilkan pada tingkat kematangan ini kurang. Tingkat kematangan *light roast* merupakan tingkat kematangan paling awal dengan ciri-ciri biji kopi mulai berubah warna coklat terang (seperti pada Gambar 2.1) karena proses pemanggangan

yang tidak terlalu lama, tingkat kematangan *light roast* juga dikategorikan dengan tingkat kematangan *half city*, *cinnamon*. pada kondisi *light roast* minyak yang dihasilkan kopi belum terlihat dan biji kopi berkarakter kering. Suhu pemanggangan biji kopi dengan kematangan *light roast* berada pada kisaran 180°C hingga 210°C. Kematangan dengan tingkat *light roast* ditandai dengan terjadinya retakan pertama pada biji kopi [4].



Gambar 2.1 *Light roast* [4].



Gambar 2.2 *Medium roast*[4].



Gambar 2.3 *Dark roast*[4].

2. *Medium roast*

Pada tingkat kematangan *medium roast* rasa yang dihasilkan cenderung manis dan aroma pemanggangan kopi tercium sangat tajam. Pada tingkat kematangan *medium roast* ini sama dengan *light roast* biji kopi masih belum terlihat berminyak, warna biji kopi mulai cenderung cokelat gelap (seperti pada Gambar 2.2) pada kematangan *medium roast* juga dikategorikan sebagai kematangan *full city*, *full city+*, *Vienna full city++*. Kematangan *medium roast* berkisar pada suhu 225°C hingga 235°C setelah retakan pertama dan sebelum retakan kedua terjadi pada tingkat kematangan ini kandungan kafein pada kopi lebih rendah dibandingkan kematangan tingkat *light roast*, kematangan pada tingkat inilah yang banyak digunakan.

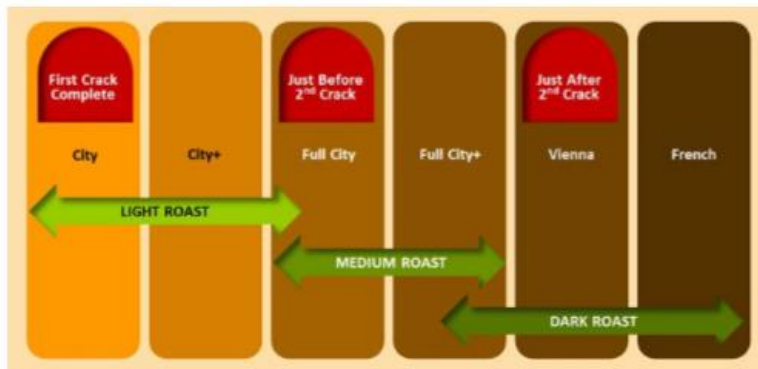
3. *Dark roast*

Pada tingkat paling matang *dark roast* atau juga bisa dikategorikan kematangan dengan tingkat *french*, *nearly black*. Biji kopi mulai berminyak dan warna biji kopi cenderung hitam (seperti pada Gambar 2.3) dan rasa yang dihasilkan cenderung pahit. Kematangan pada tingkat ini berkisar pada suhu sekitar 240-250°C dengan ditandai retakan kedua yang terjadi pada biji kopi.

Seperti pada Tabel 2.1 kategori tingkat kematangan biji kopi tidak hanya terdiri dari tiga level kematangan, jika dirincikan kembali pada tingkat kematangan *light roast*, *medium roast* dan *dark roast*. Pada tingkat kematangan *light roast* tergolong dalam kategori kematangan *half city*, *cinnamon*. Untuk *medium roast* tergolong dalam kematangan *city*, *full city*, *full city+*. Sedangkan untuk *dark roast* dikategorikan kedalam kematangan *Vienna*, *full city++*. Pada tabel 1 *first crack* pada saat proses pemanggangan kopi terjadi ketika suhu mencapai 200°C hingga 210°C dan berakhir pada suhu 225°C. Sedangkan *second crack* terjadi saat suhu telah mencapai 235°C hingga 240°C dan berakhir pada saat suhu telah mencapai 245°C.

Tabel 2.1 Tingkat kematangan biji kopi [5].

Style of Roast	Roasted Bean Colour	Bean Surface	Approx. Temp of bean at end of roasting	Acidity	Aroma	Sweetness	Body	Cracks during roasting
Half City		Dry	195C	Very High	Medium	Low	Thin	Just before 1 st Crack
Cinnamon		Dry	200C	High	Strong	Low	Thin to Full	Start of 1 st Crack
City		Dry	210C	Medium	Very Strong	Medium to Strong	Full	Middle of 1 st Crack
Full City		Dry	225C	Medium	Very Strong	Medium to Strong	Very Full	End of 1 st Crack
Full City +		Dry to tiny patches of oil	230C	Medium to Low	Strong	Medium to Strong	Very Full	Between 1 st and 2 nd Crack
Vienna or Full City ++		Shiny Surface	235C	Low	Medium to Strong	Medium to Strong	Full	Start of 2 nd Crack
Italian		Shiny Surface	240C	Very Low	Weak	Low	Thin	2 nd Crack
French		Shiny Surface	245C	Very Low	Weak to Almost Burnt Aroma	Very Low to None	Very Thin	End of 2 nd Crack
Nearly Black		Totally Shiny	250C	Very Very Low	Burnt Aroma	None	Extremely Thin	2 nd Crack has totally ended, risk of fire



Gambar 2.4 Urutan tingkat kematangan pemanggangan kopi [20].

2.3 Teknik Pemanggangan Biji Kopi

Kualitas mutu biji kopi bergantung pada saat proses pasca panen yang benar. Dengan penanganan yang benar pada proses pemanggangan disaat terjadi penurunan tingkat kadar air, keasaman dan pengembangan aroma pada biji kopi. Disanalah letak mutu biji kopi dari proses

pemanggangan yang bergantung pada suhu. Proses ini sangat berpengaruh terhadap cita rasa minuman kopi[19].

Pemanggangan merupakan kunci penting proses produksi kopi, faktor pemanggangan biji kopi yang tepat adalah dari suhu dan lama proses pemanggangan[19], jenis biji kopi yang berbeda akan ikut mempengaruhi tingkat kematangan pada proses pemanggangan, dikarenakan jenis dan kandungan air yang berbeda-beda pada biji kopi. Terlalu lama melakukan pemanggangan terhadap biji kopi akan berdampak timbulnya rasa pahit yang berlebihan. Berikut merupakan beberapa kondisi yang perlu diperhatikan:

- Ukuran dan jenis biji kopi
Biji kopi memiliki ukuran dan tingkat kadar air yang berbeda. Dengan memilih terlebih dahulu dengan ukuran yang seragam sangat diperlukan agar tingkat kematangan yang dihasilkan pada proses pemanggangan lebih merata.
- Tempat penanaman biji kopi
Pada ketinggian yang berbeda tanaman kopi menghasilkan warna yang berbeda, warna yang dihasilkan pada ketinggian yang lebih rendah cenderung cerah berkebalikan dengan tanaman kopi yang berada pada dataran yang lebih tinggi.
- Proses penanganan biji kopi pasca panen
Beberapa macam penanganan biji kopi yang biasa dilakukan adalah pada proses pengeringan biji kopi, pada proses ini berpengaruh pada tingkat keasaman biji kopi.
- Kelembaban dan suhu
Apabila kopi yang akan dipanggang berada pada lingkungan dengan tingkat kelembaban yang tinggi dan dengan suhu yang rendah, maka proses yang dibutuhkan untuk pemanggangan biji kopi juga akan membutuhkan waktu yang lama.
- Umur biji kopi
Semakin tua umur biji kopi maka kandungan airnya juga akan semakin berkurang, berbeda dengan hasil awal produk kopi yang dihasilkan, aroma biji kopi juga akan semakin

berkurang, dengan berkurangnya kandungan air yang disebabkan oleh umur biji kopi juga akan mempengaruhi tingkat keasaman yang dihasilkan.

Tidak ada aturan resmi mengenai cara pemanggangan biji kopi, setiap *roaster* memiliki cara sendiri-sendiri dalam memanggang biji kopi. Namun terdapat beberapa parameter yang perlu diperhatikan saat proses memanggang. Suhu menjadi salah satu faktor penentu tingkat kematangan. Untuk lebih akurat para *roaster* juga melakukan penginderaan aroma dan juga melihat warna secara manual saat proses pemanggangan [19][20][21].

2.4 Arduino Due

Arduino due disini digunakan sebagai perangkat yang memproses data keluaran yang dihasilkan sensor. Arduino due yang digunakan mengaplikasikan mikrokontroler AT91SAM3X8E ARM Cortex-M3 32-Bit. Kelebihan arduino due dibandingkan dengan arduino yang lain adalah kecepatan *clock* mencapai 84MHz. Arduino due dibekali dengan 54 pin *input / output* dengan 12 pin diantaranya mampu digunakan sebagai PWM(*Pulse Width Modulation*) dan 12 analog input dengan 2 DAC(*Digital Analog Converter*).

Dengan memanfaatkan pin analog input dari arduino due, data sensor suhu yang dihasilkan pada perancangan pemanggang kopi dapat diolah. Tersedia 12 pin analog input diantaranya adalah pin A0 hingga A11. Pin tersebut terhubung dengan ADC(*Analog Digital Converter*) yang terdapat didalam mikrokontroler (seperti pada Gambar 2.5). Range tegangan input yang disarankan mulai dari 7-12 Volt. Dengan menggunakan output PWM(*Pulse Width Modulation*) arduino due digunakan sebagai pengendali putaran motor servo sebagai buka tutup katup gas pada kompor. Pin out PWM ini terletak pada pin 2 hingga pin 13 [7].

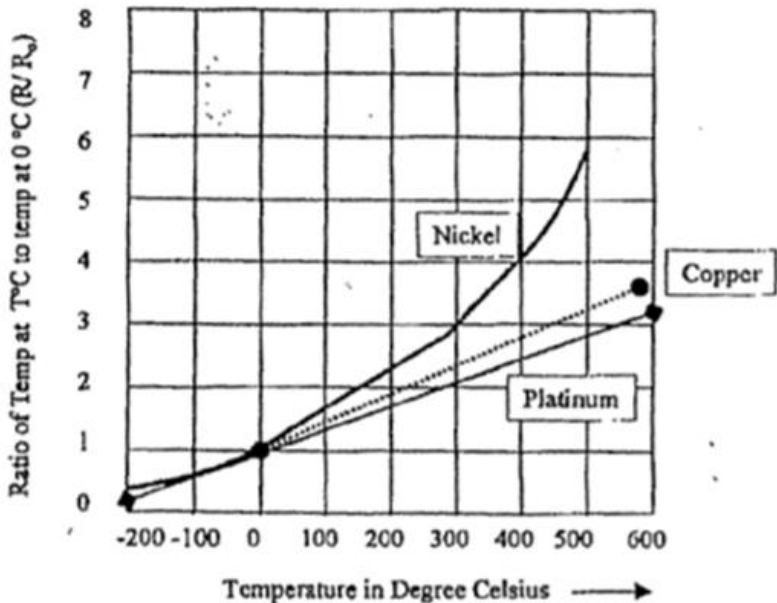
Berikut adalah spesifikasi Arduino Due:

- *Microcontroller* AT91SAM3X8E ARM Cortex-M3.
- Tegangan input (limits) 6-16 Volt.
- Digital input / output 54 pin 12 diantaranya PWM.
- Analog *input* 12 pin.
- Clock speed 84 MHz.

2.5 Sensor Suhu RTD PT100

RTD (*Resistive Temperature Detector*) PT100 merupakan sensor suhu dengan akurasi sekitar $0.39\Omega/^{\circ}\text{C}$ tergantung dari kelas dan jenis yang digunakan. Pengaplikasian sensor ini digunakan untuk mendeteksi perubahan suhu yang dikonversikan dalam bentuk hambatan. Penggunaan sensor RTD dengan jenis PT100 ini menggunakan bahan platinum dengan nilai hambatan sebesar 100Ω pada suhu 0°C . Semakin panas suhu yang diterima oleh sensor semakin besar nilai hambatan yang akan dihasilkan. Sensor ini tergolong sensor pasif dikarenakan untuk menggunakannya dibutuhkan tegangan masukan dari luar. Sensor diaplikasikan pada suhu -200°C hingga 650°C . Kenaikan resistansi bahan sensor akan berbanding lurus dengan kenaikan suhunya.

Dalam pengaplikasiannya arus akan mengalir dimana letak daerah suhu yang akan diukur, pembacaan suhu akan didasarkan pada nilai resistansi yang dihasilkan.



Gambar 2.6 Grafik perbandingan bahan *platinum*, *nickel* dan *copper*[8].

Tabel 2.2 Parameter perbedaan deteksi bahan RTD [8].

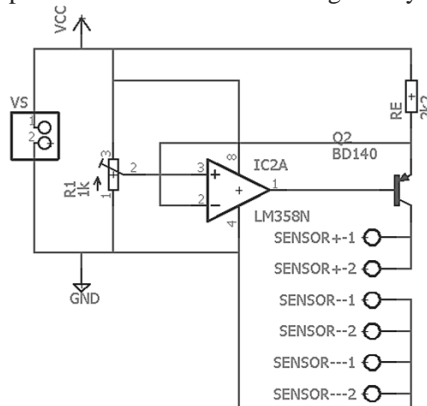
Material	Temp. coeff.	Min. Range	Max. Range	Melting Point
Platinum	0.39	-260°C	1100°C	1773°C
Copper	0.39	0°C	180°C	1083°C
Nickel	0.62	-220°C	300°C	1455°C
Tungsten	0.42	-200°C	1000°C	3380°C

Seperti pada Tabel 2.2 material platinum dengan koefesien temperatur 0.39 sama dengan copper namun suhu yang bisa di deteksi untuk kedua bahan ini berbeda untuk platinum minimum range-nya adalah -260°C dan maksimum range-nya 1100°C dengan titik leleh(melting point) 1773°C, untuk bahan copper minimum range-nya adalah 0°C dan maksimum range-nya adalah 180°C dengan titik didih (melting point) 1083°C. Sedangkan untuk nikel memiliki koefesien temperatur 0.62 dan untuk bahan tungsten 0.42 [8].

Dengan memanfaatkan rangkaian sumber arus Gambar 2.7 Rangkaian sumber arus[8]. Hambatan yang dihasilkan sensor dapat dikonversikan dalam bentuk tegangan yang nantinya akan dibaca oleh mikroprosesor dengan menggunakan ADC.

2.6 Motor Servo

Motor servo **Gambar 2.9** merupakan motor dengan sistem *closed loop*, dimana pada motor servo dibekali rangkaian yang digunakan



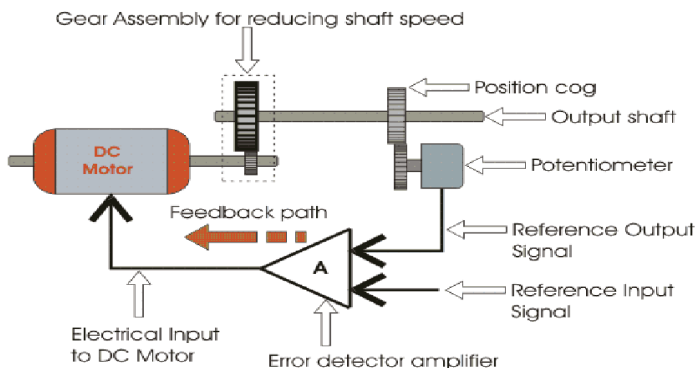
Gambar 2.7 Rangkaian sumber arus[8].

sebagai *feedback* motor servo, dengan dibekali *gear box* maka torsi yang dihasilkan motor servo bervariasi tergantung jenis dan model yang digunakan. Motor servo yang digunakan saat ini cukup dengan mengaplikasikan torsi sebesar 9.40Kg-cm. Motor servo digunakan untuk memutar besar katup gas pada kompor sehingga tidak memerlukan torsi yang cukup besar.

Pada Gambar 2.8 diatas menggunakan potensiometer sebagai *feedback* untuk posisi, posisi *output* (*preference output signal*) akan dibandingkan dengan posisi sinyal yang diinputkan (*reference input signal*) dengan menggunakan (*error detector amplifier*). Motor DC akan terus berputar sampai sinyal referensi *output* sama dengan sinyal referensi *input* [10].

2.6.1 Cara Mengendalikan Motor Servo

Untuk mengendalikan motor servo berbeda dengan motor DC biasa. Dikarenakan untuk mengendalikan motor servo perlu adanya PWM (*Pulse Width Modulation*). PWM adalah teknik untuk memberikan logika “*high*” dan logika “*low*” dengan jangka waktu terkontrol, yang merupakan sumber sinyal yang melibatkan *duty cycle*. Sinyal PWM merupakan gelombang berbentuk persegi atau *square* dengan *duty cycle*

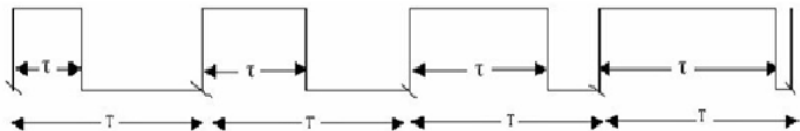


Gambar 2.8 Diagram *block* motor servo[11].

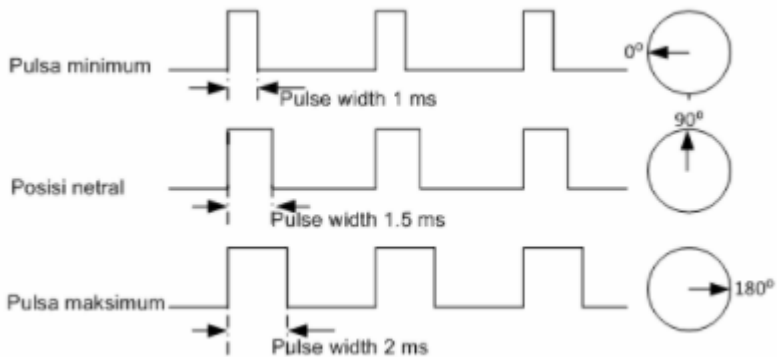
yang bervariasi. Modulasi merupakan penyebab sebuah pergeseran besaran frekuensi dalam sebuah sinyal. Waktu ON PWM bervariasi mulai 0% hingga 100%. Lebar pulsa yang dihasilkan sebanding dengan sinyal input, saat sinyal kecil deretan pulsa yang sempit akan dihasilkan. Saat sinyal besar, maka serangkaian pulsa lebar akan dihasilkan. Frekuensi yang dihasilkan sinyal PWM akan selalu konstan tetapi pulsa “high” yang dihasilkan akan bervariasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10 [11]. Besar tegangan yang digunakan bergantung pada spesifikasi yang tertera pada motor servo, semakin besar nilai tegangan yang digunakan maka spesifikasi putaran yang dihasilkan oleh motor servo juga akan berbeda pula pada setting PWM, maka dari itu awal pemberian tegangan input pada servo sangat berpengaruh pada settingan PWM yang diberikan pada motor servo. Dengan memberikan pulsa PWM dengan lebar 2ms akan menghasilkan putaran sebesar 180° dan untuk menggerakkan putaran sebesar 0° diperlukan pulsa PWM dengan lebar 1ms. Penjelasan akan dapat lebih jelas dipahami dengan melihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.9 Motor Servo[11].



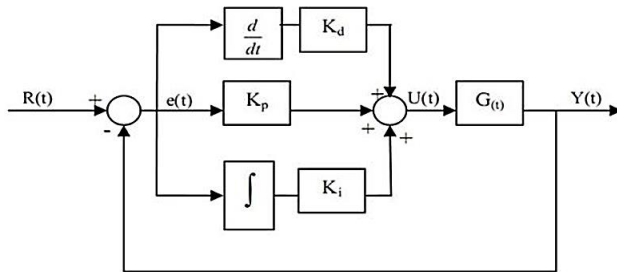
Gambar 2.10 Bentuk pulsa kendali motor servo[11].



Gambar 2.11 Pulsa PWM[11].

2.7 Kontrol PID (Proportional Integral Derivative)

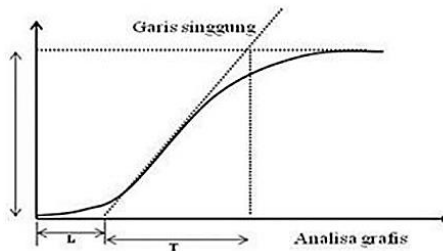
Sistem Kontrol PID adalah kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan adanya karakteristik umpan balik pada sistem tersebut (*feed back*) [12][17][18]. Kontrol PID dibagi menjadi 3 yaitu kontrol P (*proportional*) menggambarkan sinyal deviasi dari sistem kontrol, sehingga pada saat sinyal error ada, maka controller *Proportional* menghasilkan efek kontrol segera untuk mengurangi error, untuk kontrol I (*integral*) biasa digunakan untuk meningkatkan stabilitas sistem dan mengurangi kesalahan yang bersifat statis, sedangkan kontrol D (*Derivative*) bersifat mencerminkan perubahan penyimpangan sinyal, mendeteksi sinyal koreksi sebelum error sinyal lebih besar dan mempercepat respon sistem[13][16][17]. Kontrol PID juga merupakan kontrol yang paling umum digunakan dalam merancang sebuah sistem kontrol pada suatu *plant* untuk mencapai perilaku yang diinginkan [14]. Kontrol PID ini dapat digunakan sendiri-sendiri maupun secara keseluruhan. Kontrol yang cocok digunakan secara individu adalah kontrol *Proportional*(P) atau dengan menggabungkan dua jenis kontrol yaitu *Proportional* dengan *integral*(PI) atau dengan menggunakannya secara keseluruhan (PID), semua bergantung dengan jenis *plant* yang akan dikendalikan. Berikut merupakan blok diagram dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Diagram Blok kontrol PID[13].

2.8 Ziegler-nichols open loop tuning method

Dalam pengaplikasian kontrol PID terdapat berbagai cara untuk menentukan bagaimana performa dari kontrol *plant* tersebut pada suatu sistem atau biasa disebut *tuning* kontroler. Pemodelan matematis suatu sistem kadang sulit dilakukan, jika hal seperti ini terjadi maka tidak akan mungkin perancangan kontrol secara analitis dilakukan, sehingga perancangan *tuning* kontroler harus dilakukan secara *trial and error* atau biasa disebut secara eksperimental. Dengan menggunakan aturan pertama *Ziegler-nichols open loop* dengan melihat perpotongan garis kurva S pada grafik output *plant* yang diberi input berupa *unit step*. Dengan mengamati perpotongan garis kurva S dapat ditentukan nilai L dan T. setelah nilai L dan T diketahui maka dengan memasukkan nilai L dan T kedalam perumusan formula yang telah ditetapkan oleh aturan *Ziegler-nichols* kita dapat menghitung nilai K_p, K_i, dan K_d yang optimal untuk *plant* yang akan dikontrol.



Gambar 2.13 Analisa grafis pada *open loop*[13].

Tabel 2.3 Formulasi aturan *Ziegler-nichols open loop*[13].

Tipe Pengendali	Kp	Ki	Kd
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$\frac{0.9T}{L}$	$0.27\frac{T}{L^2}$	0
PID	$\frac{1.2 T}{L}$	$0.6\frac{T}{L^2}$	0.6T

BAB III PERANCANGAN ALAT

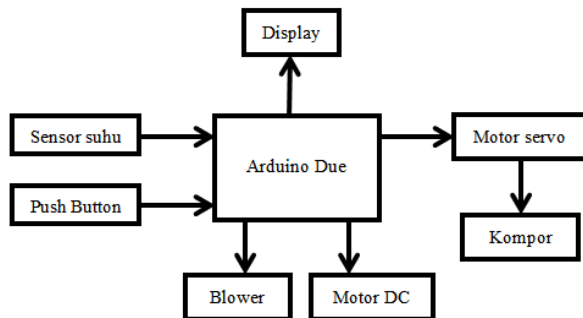
Pada bab III bagian perancangan alat ada beberapa tahapan yang dilakukan yaitu mekanik, elektrik dan *software* yang akan diterapkan pada pemanggang biji kopi. Konsep utama dalam merancang dan membuat penelitian ini antara lain :

1. Diagram fungsional sistem.
2. Perancangan dan pembuatan mekanik mesin pemanggang biji kopi beserta peletakan sensor dan juga pemasangan motor DC.
3. Perancangan dan pembuatan elektrik, sensor maupun *shield* untuk Arduino Due.
4. Perancangan *software* yang terdiri dari pengaturan set point pada setiap tingkat kematangan yang diinginkan.

3.1 Diagram Fungsional Sistem

Sebelum melakukan perancangan dan pembuatan mekanik maupun *software*, diperlukan sebuah perancangan blok fungsional sistem berupa blok diagram yang menjabarkan kinerja sistem secara keseluruhan mesin pemanggang biji kopi, secara keseluruhan diagram fungsional sistem dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.1 sistem kerja mesin pemanggang biji kopi yang berawal dari perintah input push button. terdapat dua pilihan tingkat kematangan yaitu *medium roast* dan *dark roast*. Setelah dilakukan pemilihan tingkat kematangan dengan menggunakan *push button*.



Gambar 3.1 Diagram Fungsional Sistem.

Kompur akan menyala dan motor DC sebagai pemutar wadah biji kopi akan berputar. Sensor suhu akan mulai membaca perubahan suhu berupa perubahan besaran resistansi yang terjadi pada mesin pemanggang. Perubahan suhu yang terjadi akan dibaca oleh port ADC Arduino Due. Nilai tegangan yang telah dibaca oleh Arduino due akan dikonversi dalam besaran suhu. Suhu yang dihasilkan oleh mesin pemanggang akan dibandingkan dengan nilai set point yang telah ditentukan dalam program. Apabila sensor suhu telah mencapai *set point* yang telah ditentukan maka proses telah selesai.

3.2 Perancangan Mekanik

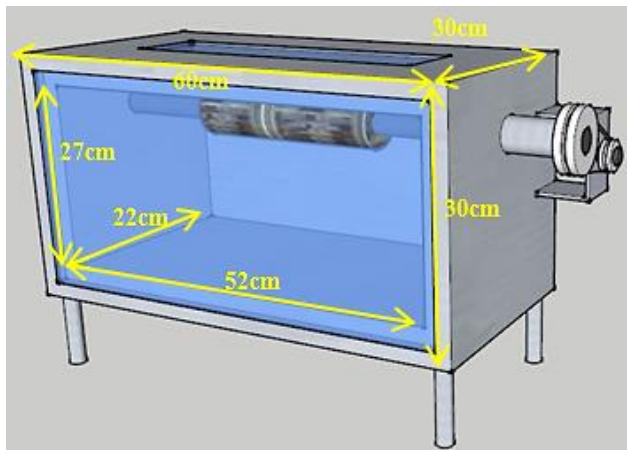
Mesin pemanggang biji kopi (Gambar 3.2) yang akan dibuat bertujuan untuk memanggang biji kopi secara tertutup, sehingga hasil pemanggangan biji kopi akan menghasilkan warna yang lebih cerah daripada pemanggangan dengan cara terbuka. Beberapa mesin pemanggang yang telah beredar dipasar menggunakan sistem drum berputar dengan pemanggangan tertutup. perubahan suhu yang terjadi pada saat proses pemanggangan akan dihasilkan oleh kompor gas portable yang dapat diatur besar kecilnya nyala api yang dihasilkan. Pada saat pemanggangan akan dilakukan biji kopi terlebih dahulu dimasukkan kedalam wadah tempat biji kopi sehingga posisi awal sebelum pemanggangan dimulai mesin pemanggang masih dalam keadaan dingin, selama proses pemanggangan berlangsung sensor suhu RTD PT100 akan memonitoring perubahan suhu yang terjadi didalam ruangan pemanggang biji kopi, peletakan sensor suhu juga didesain agar sedekat mungkin dengan biji kopi, sehingga suhu yang diukur dapat merepresentasikan suhu pada biji kopinya, sehingga yang akan dimonitoring bukan suhu dari ruangan pemanggangan melainkan suhu pada biji kopi itu sendiri.

3.2.1 Desain Mesin Pemanggang Biji Kopi

Pemanggang yang dibuat menggunakan desain oven yang sedikit dilakukan modifikasi pada samping kanan kirinya untuk menempatkan poros dari wadah biji kopi yang nantinya akan bisa bergerak berputar. Mesin kopi yang akan digunakan memiliki 2 bagian layer yaitu layer bagian luar dan bagian dalam untuk ukuran bagian luar 60×30×30cm sedangkan untuk ukuran bagian dalamnya yaitu 52×27×22cm dapat dilihat detail pada Gambar 3.3. Sedangkan disisi bagian atas dan sisi bagian

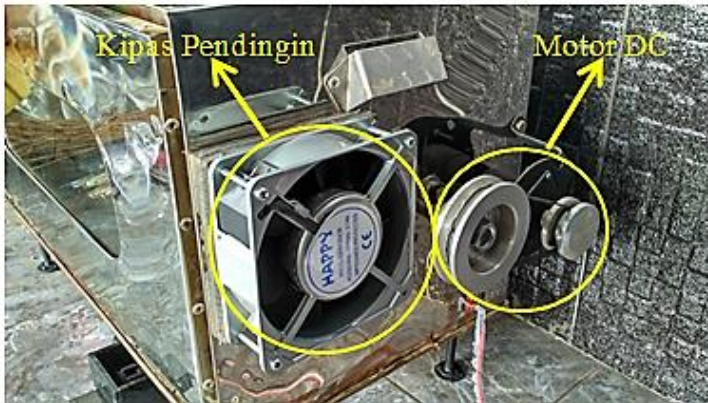


Gambar 3.2 Mekanik mesin pemanggang.



Gambar 3.3 Desain oven pemanggang biji kopi.

depan berupa kaca. Dibagian bawah oven ditempatkan kaki-kaki yang digunakan sebagai penyangga antara dasar lantai dan kompor. Silinder pengaduk dihubungkan dengan motor DC 12v, dengan memanfaatkan pulley sebagai roda penghubung poros silinder dengan poros motor DC. *Pulley* yang digunakan mempunyai dimensi diameter 70mm dan ketebalan 40mm. Motor DC difungsikan sebagai penggerak silinder yang diletakkan pada sisi sebelah kanan pemanggang. Motor DC dikontrol menggunakan driver relay 2 channel yang dihubungkan

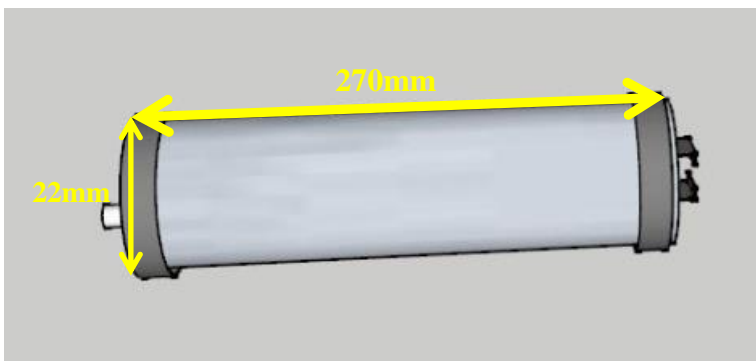


Gambar 3.4 Kipas pendingin dan Motor DC.

dengan pin digital 9 pada Arduino Due. Penempatan motor DC dapat dilihat pada Gambar 3.4.

3.2.2 Desain Silinder Pemanggang biji kopi

Bagian dalam pemanggang terdapat silinder pengaduk biji kopi yang dibuat dengan dimensi diameter 65mm dan panjang 270mm. Pada bagian dalam silinder terdapat 2 plat (Gambar 3.6) yang di pasang sejajar yang berfungsi sebagai pengaduk biji kopi saat proses pemanggangan dilakukan. Desain dari silinder pemanggang biji kopi dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Silinder wadah biji kopi.

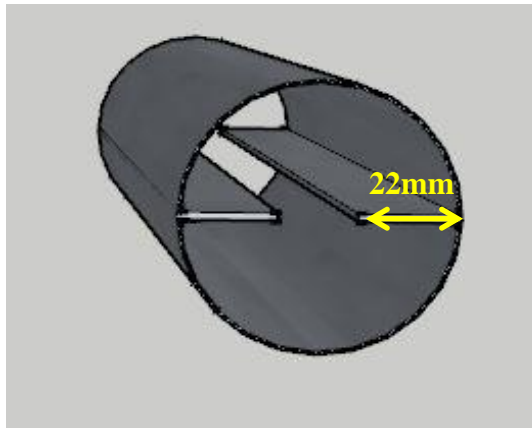
3.3 Perancangan Dan Pembuatan Elektrik

Pada perancangan dan pembuatan elektrik terdapat beberapa bagian yaitu :

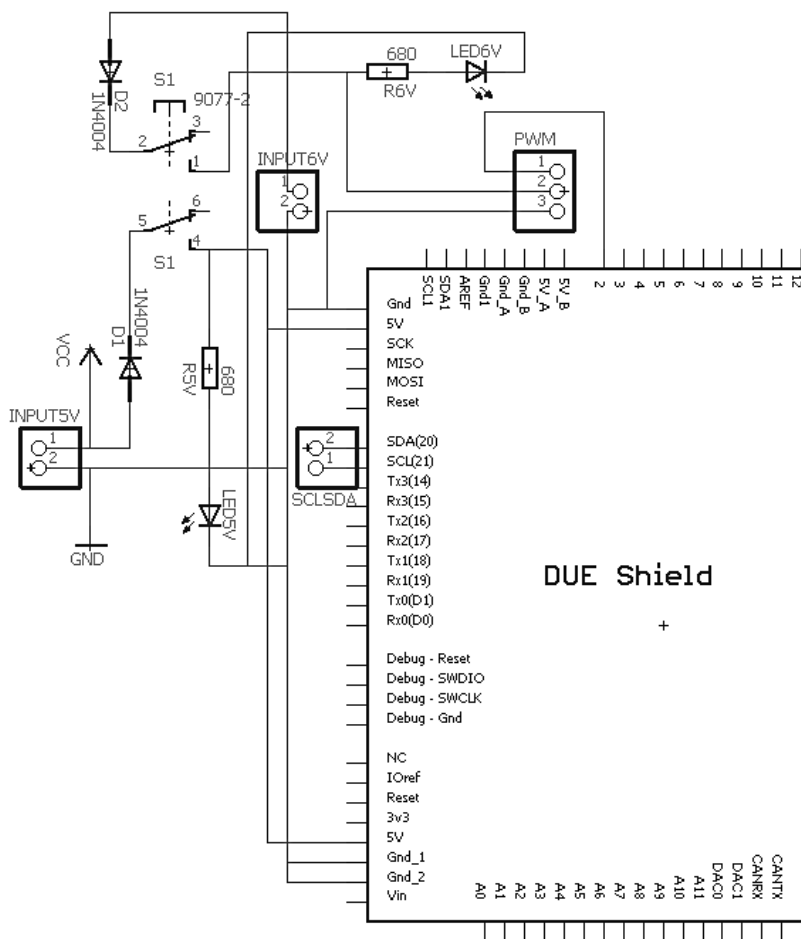
1. Perancangan shield Arduino Due.
2. Perancangan rangkaian pengkondisi sinyal.
3. Perancangan wiring motor servo.
4. Perancangan wiring driver relay.

3.3.1 Perancangan Shield Arduino Due

Pada perancangan shield Arduino Due dibuat menggunakan EAGLE baik dari sisi skematik maupun board, pada perancangan shield Arduino ini terdapat beberapa macam komponen yaitu ekspansi port output baik untuk PWM dan rangkaian pengkondisi sinyal untuk sensor suhu dan juga untuk driver relay dapat dilihat pada Gambar 3.7.



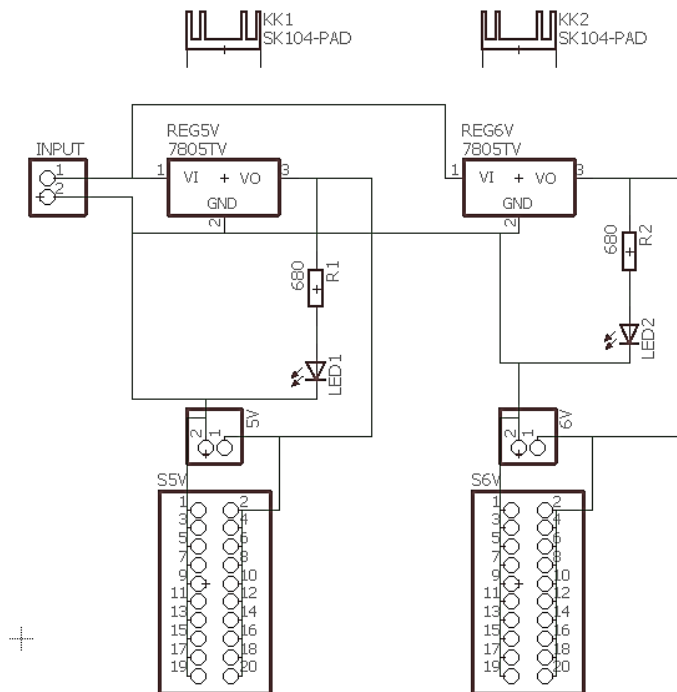
Gambar 3.6 Pengaduk dalam silinder.



Gambar 3.7 Skematik secara keseluruhan shield Arduino due.

3.3.2 Perancangan Rangkaian Peregulasi Tegangan

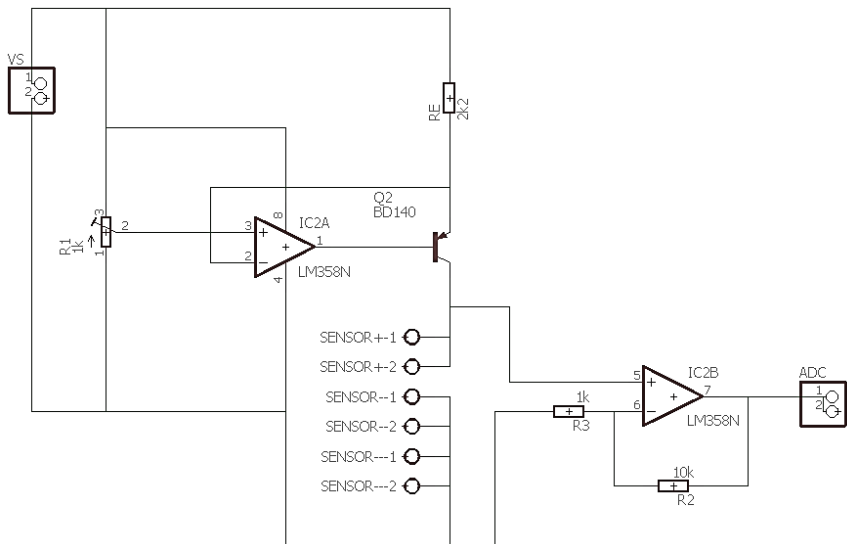
Perancangan rangkain peregulasi tegangan dibuat untuk meregulasi tegangan dari power supply sebesar 12volt, tegangan dari power supply diregulasi sebesar 6volt dan 5volt, output regulasi tegangan 6volt untuk sumber tegangan motor servo, sedangkan output regulasi tegangan 5volt untuk sumber tegangan bagi mikrokontroler Arduino Due. Peregulasian tegangan menggunakan LM7805 dan LM7806 Gambar 3.8, LM7805 digunakan untuk meregulasi tegangan sebesar 7 volt sampai 20 volt menjadi 4.8-5 volt bergantung pada kondisi temperature dan besar kecilnya arus output yang digunakan. Untuk LM7806 digunakan sebagai peregulasi tegangan dengan input sebesar 8-21 volt menghasilkan output 5.7-6.3 bergantung pada kondisi besar kecilnya arus output yang dipergunakan.



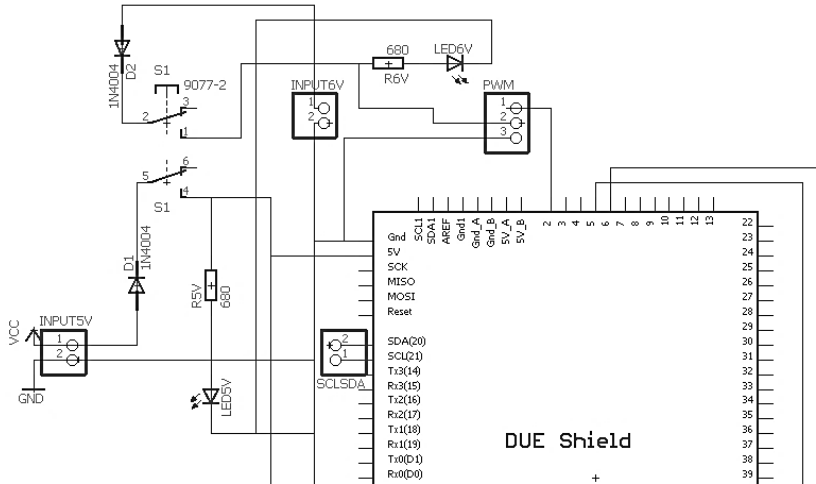
Gambar 3.8 Skematik rangkaian peregulasi tegangan 5 volt dan 6 volt.

3.3.3 Perancangan Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Pada bagian perancangan rangkaian pengkondisi sinyal digunakan rangkaian sumber arus dengan menggunakan op-amp LM 358 sebagai masukan dari transistor BD140, Transistor BD140 PNP digunakan agar arus yang dihasilkan bersifat konstan, penggunaan Resistor Trimmer digunakan sebagai pengatur besar kecilnya arus yang masuk pada sensor, arus yang masuk pada sensor diset pada nilai 1mA untuk pencegahan *self heating* pada sensor RTD PT100. Berikut merupakan rancangan skematik dari EAGLE dapat diamati pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Skematik rangkaian pengkondisi sinyal.



Gambar 3.10 Gambar wiring motor servo pada *shield* arduino due

3.3.4 Perancangan Wiring Motor Servo

Pada perancangan wiring motor servo suplay tegangan yang digunakan adalah sebesar 6volt yang dihasilkan dari regulator tegangan, pada Arduino Due pin yang digunakan untuk sinyal PWM pada motor servo adalah pin 2 seperti pada Gambar 3.10.

3.4 Perancangan Software

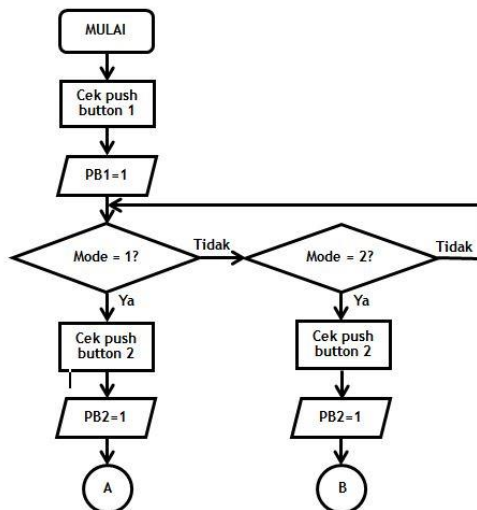
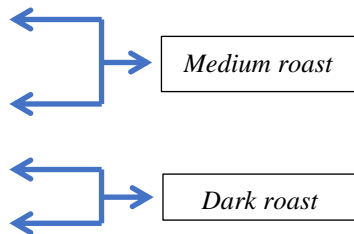
Perancangan *software* dilakukan untuk menentukan Algoritma kematangan pemanggangan biji kopi baik dalam tingkatan *medium roast* maupun *dark roast*. perancangan *software* juga dirancang untuk pembacaan sensor RTD PT100 pada mikrokontroler.

3.4.1 Algoritma Pemanggangan Biji Kopi

Perubahan suhu yang terjadi pada biji kopi saat proses pemanggangan digunakan sebagai parameter tingkat kematangan biji kopi, seperti pada tabel 1. Tingkat kematangan biji kopi dapat ditentukan dari suhu akhir dari biji kopi itu sendiri. Dimana pada saat suhu biji kopi berkisar antara 225 - 235°C tergolong matang pada tingkat kematangan *medium*, sedangkan saat suhu biji kopi berkisar 240°C-250°C maka tergolong dalam kategori tingkat kematangan *dark*.

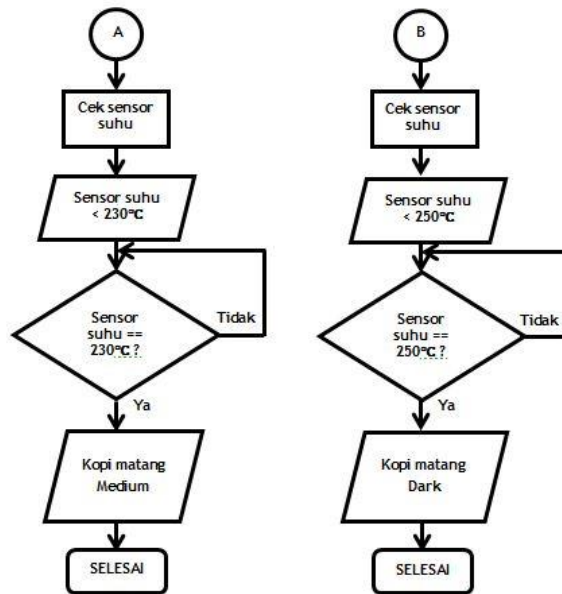
Tabel 3.1 Tingkat kematangan biji kopi.

Style of Roast	Roasted Bean Colour	Bean Surface	Approx. Temp of bean at end of roasting
Half City		Dry	195C
Cinnamon		Dry	200C
City		Dry	210C
Full City		Dry	225C
Full City +		Dry to tiny patches of oil	230C
Vienna or Full City ++		Shiny Surface	235C
Italian		Shiny Surface	240C
French		Shiny Surface	245C
Nearly Black		Totally Shiny	250C



Gambar 3.11 Flowchart program bagian 1.

Flowchart program pada mikrokontroler Arduino Due, sebelum memulai pemanggangan terdapat 2 mode pemanggangan yaitu mode pemanggangan medium roast dan dark roast. Setelah memilih mode pemanggangan maka selanjutnya adalah eksekusi program algoritma program untuk kematangan medium roast dibedakan dengan penentuan set point suhu yaitu 230°C dan untuk dark roast yaitu pada 240°C, apabila set point suhu telah dicapai maka kopi dinyatakan matang.



Gambar 3.12 Flowchart program bagian 2.

```

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Servo.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
int sensorPin = A11;
int relayPin = 9;
int sensorValue ;
int mode=1;
int a=0;
int suhu;
Servo myservo;
int b=0;

```

Program diatas merupakan program inisialisialisai input dan output dan juga pembuatan variabel yang digunakan untuk iterasi pada program. Input sensor suhu diletakkan di port A11, port A11 merupakan port ADC dan disimpan dengan nama “sensorPin”, kemudian untuk output yang diberikan kepada driver relay diletakkan pada pin digital 9, untuk mapping nilai ADC menjadi suhu disimpan pada variable “sensorValue”. Kemudian inisialisai untuk variable mode pada nilai 1. Kemudian untuk iterasi “a” ditentukan pada nilai 0.

```

void setup()
{
  pinMode(A11,INPUT);
  pinMode(5,INPUT);
  pinMode(6,INPUT);
  pinMode(9,OUTPUT);
  analogReadResolution(12);
  myservo.attach(2);
  lcd.begin();
  lcd.backlight();
  myservo.write(175);
  delay(1000);
  Serial.begin(9600);
}

```

Program diatas merupakan program inisialisasi input dan output yang digunakan pada penelitian ini. Berikut merupakan tabel input dan output pada arduino.

Tabel 3.2 Pin input arduino.

No	Input	Pin Arduino
1	Push Button 1	Pin Digital 5
2	Push Button 2	Pin Digital 6
3	Sensor RTD PT 100	Pin Analog 11

Tabel 3.3 Pin output arduino.

No	Output	Pin Arduino
1	PWM Motor Servo	Pin Digital 2
2	Motor DC	Pin Digital 9

```
void suhu1()
{
    sensorValue = analogRead(sensorPin);
    v=sensorValue*3.3/4096;
    suhu=(220.19*v) - 244.31;
}
```

Pada program sensorValue merupakan nilai ADC yang dibaca oleh Arduino. Sedangkan v merupakan nilai konversi tegangan dari nilai ADC yang telah dibaca oleh Arduino. Setelah mendapatkan nilai persamaan karakteristik sensor RTD maka suhu merupakan nilai 220.19 dikalikan dengan tegangan, kemudian hasil perkalian tersebut dikurangi 244.31. hasil dari perhitungan merupakan nilai suhu.

```

if( a == 1 && suhu <= 235)
{
    Suhu1();
    starting();
    delay(1000);
    lcd.clear();
    a++;
}

```

Pada Algoritma program diatas apabila iterasi $a == 1$ dan suhu $\leq 235^{\circ}\text{C}$, maka sistem akan melakukan proses starting.

```

while (a== 2 && suhu <=235)
{
    Suhu1();
    Setpoint=235;
    digitalWrite(9,LOW);
    Serial.println(sensorValue);
    Serial.println(suhu);
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Suhu=");
    lcd.setCursor(6,0);
    lcd.print(suhu);
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("setP= 235");
    delay(1000);
    if (suhu>235)
    {
        a=0;
        lcd.clear();
    }
}

```

Program diatas merupakan algoritma pemanggangan biji kopi pada tingkat kematangan *medium roast* . Dimana jika iterasi $a = 2$ dan suhu $\leq 235^{\circ}\text{C}$ maka pemanggangan akan berjalan sampai set point suhu yang telah ditentukan yaitu 235°C . Dan apabila suhu lebih dari 235°C maka iterasi a akan kembali bernilai 0 dan proses pemanggangan akan selesai.


```

while (a== 2 && suhu <=240)
{
    Suhu1();
    Setpoint=240;
    digitalWrite(9,LOW);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Suhu=");
    lcd.setCursor(6,0);
    lcd.print(suhu);
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("Suhu= 240");
    if (suhu>240)
    {
        a=0;
        lcd.clear();
    }
}

```

Program diatas merupakan algoritma pemanggangan biji kopi pada tingkat kematangan *Dark roast* . Dimana jika iterasi a= 2 dan suhu <= 240°C maka pemanggangan akan berjalan sampai set point suhu yang telah ditentukan yaitu 240°C. Dan apabila suhu lebih dari 240 maka iterasi a akan kembali bernilai 0 dan proses pemanggangan akan selesai.

```

void starting()
{
    if(a==1)
    {
        myservo.write(180);
        delay(2000);
        myservo.write(0);
        delay(1000);
        myservo.write(25);
        delay(300);
    }
}

```

Program diatas digunakan untuk menyalakan kompor pada pemanggang servo di beri input pwm dengan sudut 180, 0 dan 25 secara berurutan.

```
void kontrolP()
{
  float Kp=8;
  float error=Setpoint-suhu;
  float P=Kp*error;
  if (P<=0)
    myservo.write(180);
  if (P>=180)
    myservo.write(20);
}
```

Program diatas merupakan program untuk kontrol proportional dengan nilai Kp=8.

BAB IV PENGUKURAN DAN PENGUJIAN

Untuk mengetahui apakah sistem pemanggang biji kopi dapat bekerja dengan baik maka dilakukan pengujian terhadap sensor suhu dan pengujian hasil pemanggangan biji kopi dengan tingkat kematangan yang berbeda untuk mengetahui kesesuaian antara teori dengan hasil dari pemanggangan biji kopi.

4.1 Pengukuran Dan Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Pengukuran dan Pengujian pada rangkaian pengkondisi sinyal dilakukan untuk mengetahui nilai penguatan dan nilai arus.

Pengujian dilakukan dengan mengatur nilai potensiometer sampai menghasilkan arus sebesar 1mA. Setelah melakukan pengukuran arus dilakukan pengukuran tegangan *output* yang dihasilkan oleh sensor RTD. Diperoleh nilai sebesar 108.8mV pada suhu kamar 29°C. Pengukuran pada *output* penguat didapatkan sebesar 1.198Volt. Rangkaian penguat menggunakan rangkaian non-inverting amplifier dengan penguatan 11x. Nilai $R_f=10k\Omega$ dan nilai $R_i=1k\Omega$ sehingga secara perhitungan didapatkan penguatan 11x. Tingkat pengusatan error sebesar 0.18%.



Gambar 4.1 Pengukuran arus rangkaian pengkondisi sinyal.

4.2 Pengukuran Dan Pengujian Sensor RTD PT100

Pada pengujian sensor suhu RTD PT100 dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan *output* yang dihasilkan oleh rangkaian pengkondisi sinyal untuk dikonversi kedalam nilai ADC Arduino Due. Pengujian dilakukan dengan memberi perubahan suhu pada sensor RTD PT 100 dan mencatat hasil tegangan *output* yang dihasilkan oleh rangkaian pengkondisi sinyal. Pengambilan nilai tegangan output dilakukan setiap kenaikan suhu sebesar 5°C. Berikut Tabel 4.1 hasil pengukuran yang telah dilakukan.

Setelah melakukan pengukuran dan mendapat hasil dari pengujian sensor RTD PT 100 maka dilakukan plot (Gambar 4.3) dari hasil yang didapatkan agar untuk mengetahui kelinieran dari sensor suhu RTD PT100. Dari hasil pengujian dapat dihitung nilai konversi ADC yang akan dibaca oleh Arduino Due dengan rumus sebagai berikut.

$$ADC\ value = \frac{Resolution\ ADC}{System\ Voltage} \times Analog\ Voltage\ Measured \quad (4.1)$$

ADC yang digunakan pada Arduino Due adalah 12 bit yaitu 4096 byte maka rumus diatas akan menjadi.

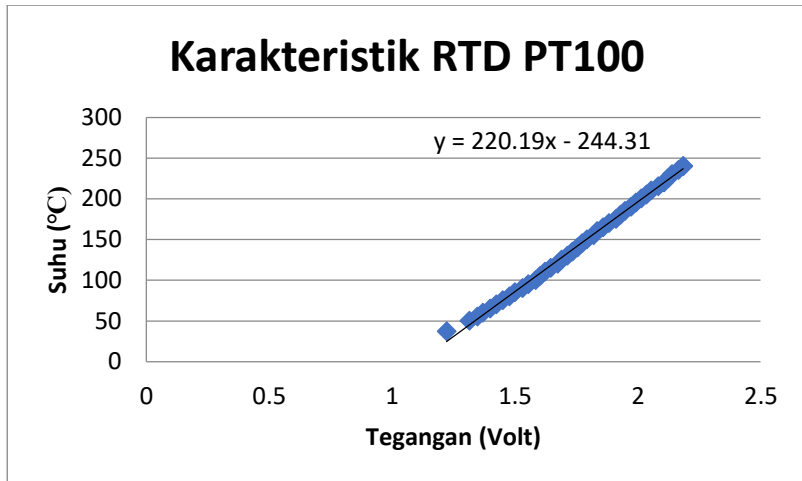
$$ADC\ value = 1241,21 \times Analog\ Voltage\ Measured$$



Gambar 4.2 Pengujian sensor RTD PT100.

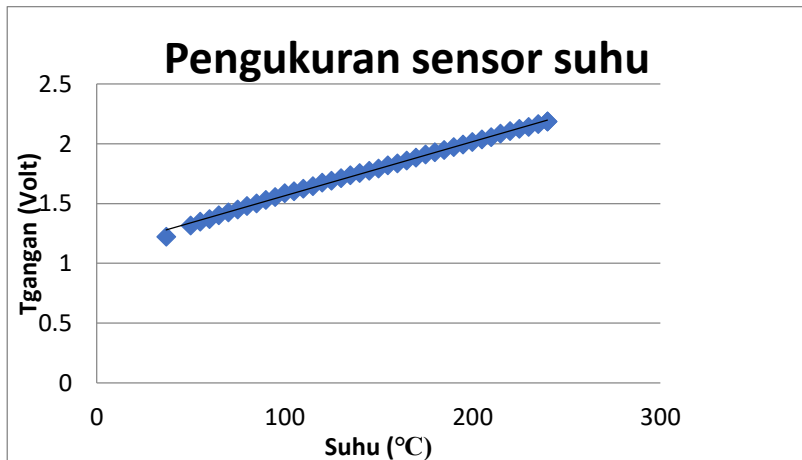
Tabel 4.1 Pengukuran sensor RTD PT 100.

No	Tegangan (volt)	Suhu (°C)	No	Tegangan (volt)	Suhu (°C)
1	1.222	37	21	1.773	145
2	1.315	50	22	1.793	150
3	1.347	55	23	1.82	155
4	1.37	60	24	1.835	160
5	1.4	65	25	1.86	165
6	1.425	70	26	1.883	170
7	1.45	75	27	1.911	175
8	1.478	80	28	1.93	180
9	1.5	85	29	1.948	185
10	1.531	90	30	1.973	190
11	1.555	95	31	1.992	195
12	1.585	100	32	2.015	200
13	1.603	105	33	2.035	205
14	1.623	110	34	2.055	210
15	1.646	115	35	2.083	215
16	1.675	120	36	2.107	220
17	1.69	125	37	2.124	225
18	1.713	130	38	2.14	230
19	1.735	135	39	2.165	235
20	1.755	140	40	2.185	240

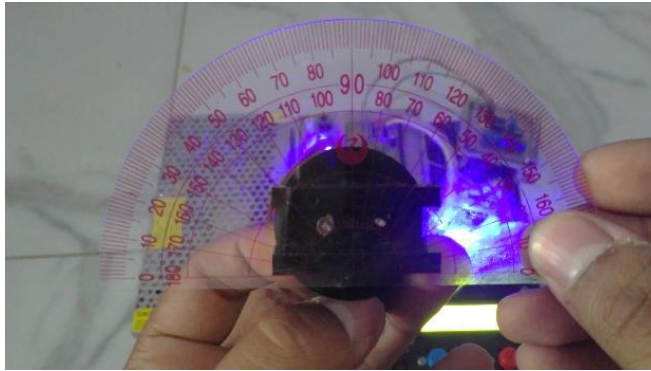


Gambar 4.3 Plot data hasil pengukuran sensor suhu.

Dari **Gambar 4.4** dapat dilihat bahwa sensor RTD PT100 merupakan sensor yang linier.



Gambar 4.4 Respon sensor RTD PT100.



Gambar 4.5 Pengujian Motor Servo dengan busur derajat.

4.3 Pengukuran Dan Pengujian Motor Servo

Pengukuran dan pengujian motor servo Gambar 4.5 dilakukan untuk mengetahui %error *duty cycle* nilai PWM dan diamati pergerakan motor servo mulai dari 0 derajat – 180 derajat dibandingkan dengan menggunakan busur derajat, pengukuran dan pengujian dilakukan dengan memberi input pada motor servo berupa nilai *duty cycle* yang didapatkan dari persamaan berikut ini.

$$Duty\ cycle = \frac{T_h}{T} \times 100\% \quad (4.2)$$

Dimana T_h merupakan periode waktu high dan T merupakan periode total. Pengujian motor servo dilakukan dengan membandingkan dengan nilai perhitungan secara teori untuk mendapatkan %error berikut merupakan hasil dari pengujian yang telah dilakukan.

4.4 Pengujian Nyala Api

Pengujian nyala api dilakukan untuk mengetahui suhu maksimal yang dicapai oven dalam waktu yang sama dengan memberi bukaan knob yang berbeda.

Tabel 4.2 Hasil pengujian motor servo.

Duty Cycle	T_h (ms)	Hasil (derajat)	Teori (derajat)	%Error
5	1	0	0	0%
7.5	1.5	90	90	0%
10	2	180	180	0%



Gambar 4.6 Pengujian nyala api.

Tabel 4.3 Pengujian nyala api.

Sudut(derajat)	Waktu(menit)	Suhu(°C)
20	5	65
80	5	59
160	5	53

Dalam pengujian ini waktu ditetapkan sebesar 5 menit dengan memberi bukaan pada knob sebesar 20 derajat, 80 derajat dan 160 derajat. Berikut hasil pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

4.5 Pengujian Kontrol Proportional

Pengujian kontrol Proportional dilakukan untuk menentukan konstanta proportional dengan mengamati respon sistem ketika diberi input unit step. Berikut merupakan data hasil pengujian.

Dari plot hasil respon sistem ketika diberi input unit step, dapat ditentukan nilai L dan T untuk menentukan konstanta proportional dari tabel aturan Ziegler-Nichols, dapat diamati pada grafik nilai L = 200 dan nilai T = 1600, maka dengan menggunakan persamaan kontrol proportional aturan Ziegler-Nichols Kp dapat ditentukan dari persamaan berikut

$$Kp = \frac{T}{L} \quad (4.3)$$

Maka,

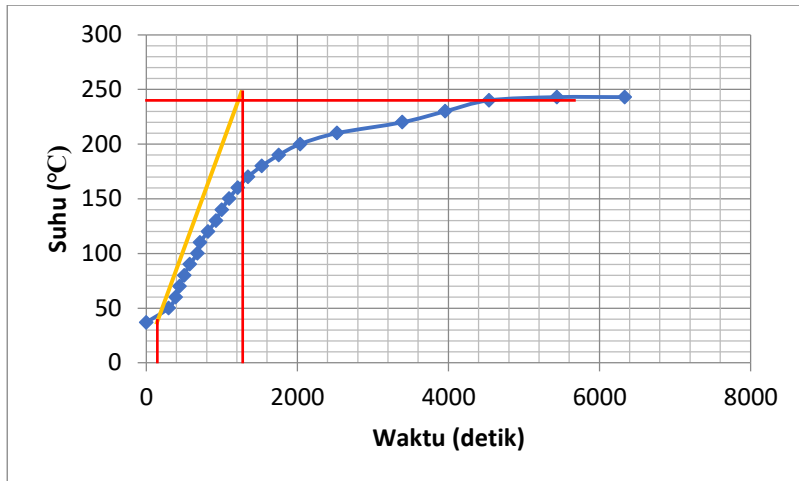
$$Kp = \frac{1600}{200}$$

$$Kp = 8$$

Setelah mengetahui nilai Kp maka dapat dilakukan pemrograman dengan menggunakan konstanta proportional dengan nilai 8.

Tabel 4.4 Hasil pengujian kontrol proportional.

Suhu (°C)	Waktu (detik)
37	0
50	296
60	386
70	439
80	504
90	575
100	677
110	712
120	818
130	920
140	998
150	1094
160	1209
170	1345
180	1528
190	1754
200	2035
210	2522
220	3390
230	3958
240	4536
243	5436
243	6336



Gambar 4.7 Grafik respon sistem.

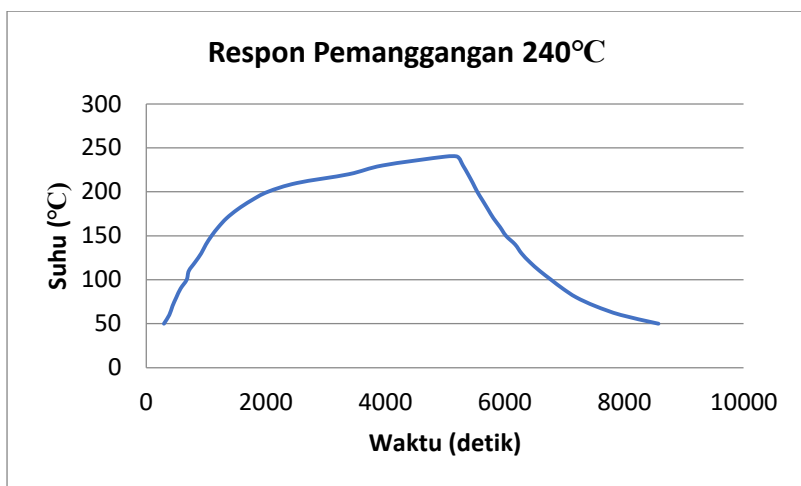
4.6 Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan untuk mengetahui sistem sudah bekerja dengan baik. Setiap pengujian pemanggangan menggunakan kopi yang telah ditimbang seberat 150gram. Pada pengujian sistem secara keseluruhan, set point dari tingkat kematangan kopi dirubah dan hasil dari pengujian akan dibandingkan dengan kopi pembanding dengan tingkat kematangan *medium roast* dan *dark roast*. Hasil dari pengujian akan dibandingkan dengan kopi yang telah di *roasting* oleh seorang ahli dari corbucoffee. Berikut hasil dari pengujian sistem.

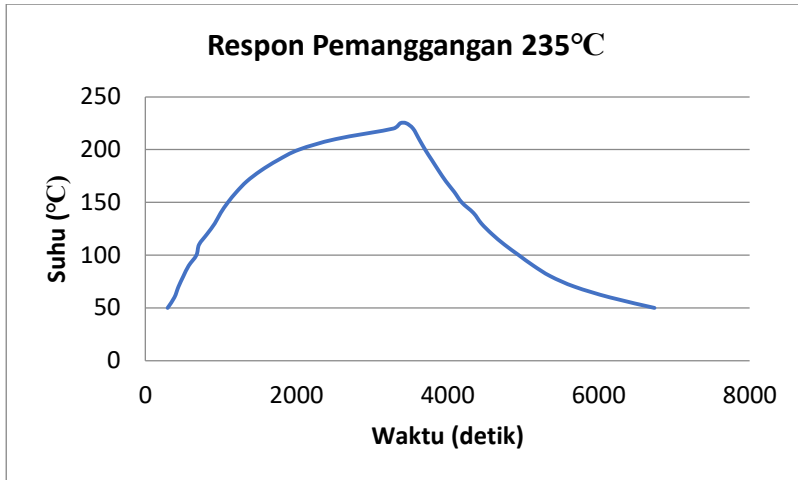
Pada pengujian pemberian *set point* suhu 240°C waktu keseluruhan proses pemanggangan 135 menit 8 detik (Gambar 4.9). 3 menit 25 detik diantaranya berada pada suhu 240°C.



Gambar 4.8 Hasil pengujian *set point* 240°C.



Gambar 4.9 Grafik respon pemanggangan 240°C.



Gambar 4.10 Grafik respon pemanggangan 235°C.

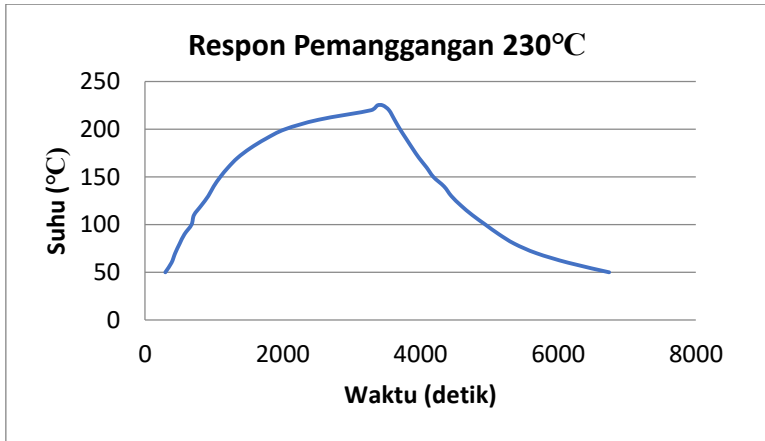


Gambar 4.11 Hasil pengujian sistem dengan set point suhu 235°C.

Pada pengujian pemberian *set point* suhu 235°C waktu keseluruhan proses pemanggangan 125 menit 2 detik (Gambar 4.10). 3 menit diantaranya berada pada suhu 235°C.

Pada tingkat kematangan *medium roast* dengan set point suhu 235°C tingkat kematangan kopi Gambar 4.11 hasil pemanggangan hampir sama dengan tingkat kematangan kopi pembanding. Pada Gambar 4.13 tingkat kematangan hasil pemanggangan sedikit berbeda dari kopi pembanding, dengan nilai set point 230°C warna dari hasil pemanggangan sedikit lebih

cerah dari pemanggangan dengan set point 235°C. Pada Gambar 4.15 set point dirubah 220°C dan hasil dari pemanggangan jauh lebih cerah dari hasil pemanggangan kopi pembanding.

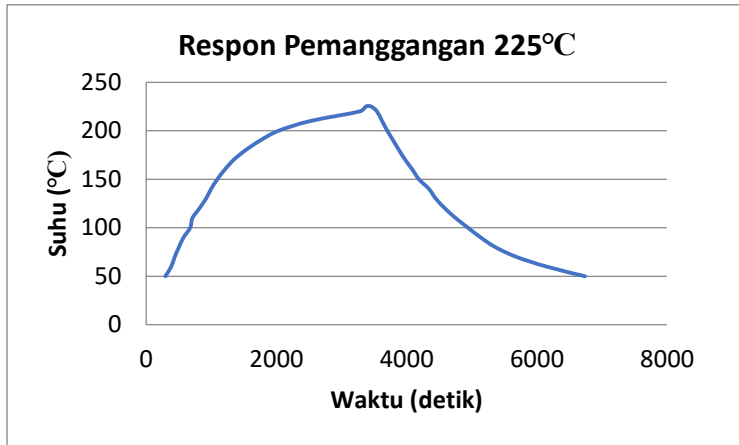


Gambar 4.12 Grafik respon pemanggangan 230°C.

Pada pengujian pemberian *set point* suhu 230°C waktu keseluruhan proses pemanggangan 113 menit 2 detik (Gambar 4.12). 1 menit 50 detik diantaranya berada pada suhu 230°C.



Gambar 4.13 Hasil pengujian sistem dengan set point suhu 230°C.



Gambar 4.14 Grafik respon pemanggangan 225°C.

Pada pengujian pemberian *set point* suhu 225°C waktu keseluruhan proses pemanggangan 106 menit 38 detik (Gambar 4.14). 1 menit 10 detik diantaranya berada pada suhu 225°C.

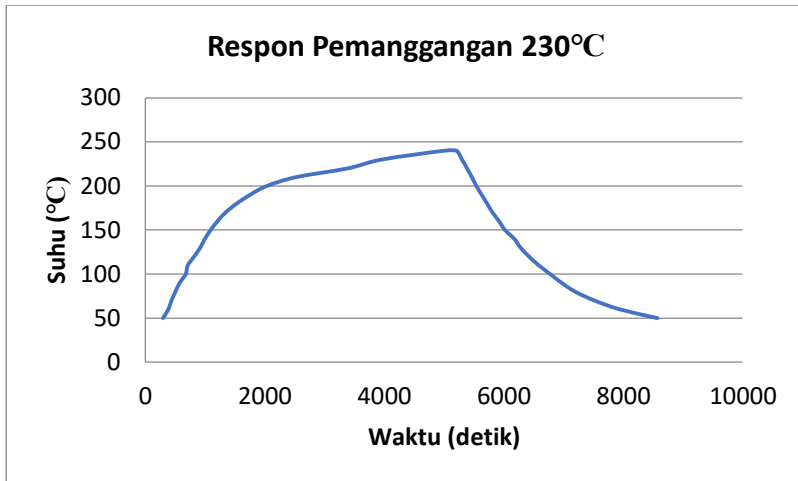


Gambar 4.15 Hasil pengujian sistem dengan *set point* suhu 225°C.

Pengujian dengan kontrol proportional dilakukan untuk mengetahui apakah dengan kontrol sistem dapat bekerja lebih baik atau tidak.

Tabel 4.5 Hasil pengujian sistem keseluruhan dengan kontrol P

No.	Waktu (detik)	Suhu (°C)	No.	Waktu (detik)	Suhu (°C)
1	296	50	21	4741	235
2	386	60	22	4836	230
3	439	70	23	4921	220
4	504	80	24	5001	210
5	575	90	25	5076	200
6	677	100	26	5166	190
7	712	110	27	5256	180
8	818	120	28	5346	170
9	920	130	29	5456	160
10	998	140	30	5556	150
11	1094	150	31	5711	140
12	1209	160	32	5816	130
13	1345	170	33	5956	120
14	1528	180	34	6121	110
15	1754	190	35	6311	100
16	2035	200	36	6505	90
17	2522	210	37	6731	80
18	3390	220	38	7053	70
19	3958	230	39	7476	60
20	4247	235	40	8108	50




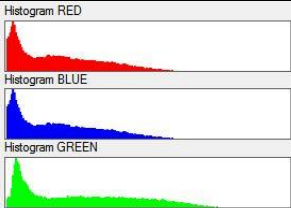

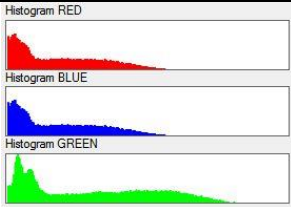

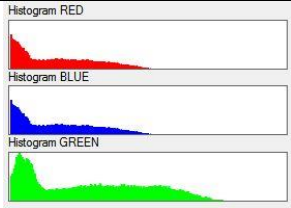

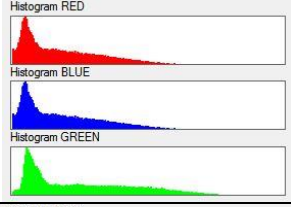

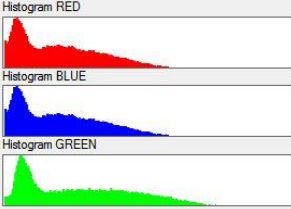
Gambar 4.16 Grafik respon pemanggang dengan kontrol P.

Dengan menggunakan kontrol Proportional waktu hasil pemanggang lebih lama dikarenakan bukaan knop sesuai dengan error yang dihasilkan. Error yang dihasilkan merupakan pengurangan dari suhu sekarang dikurangi dengan suhu *setpoint*. Dikarenakan kompor yang dipergunakan memiliki sumber api yang kecil. Waktu yang dibutuhkan untuk dapat mencapai suhu 230°C membutuhkan waktu 84 menit ditambah dengan waktu pendinginan selama 58 menit. Dengan menggunakan kontrol Proportional total lama waktu pemanggang 142 menit. Dapat disimpulkan dengan menggunakan kontrol proportional waktu yang dibutuhkan untuk memanggang biji kopi semakin lama, sehingga gas yang dibutuhkan semakin banyak. Pengujian dengan kontrol kurang tepat digunakan pada penelitian ini.

4.7 Pengujian Hasil Pemanggang


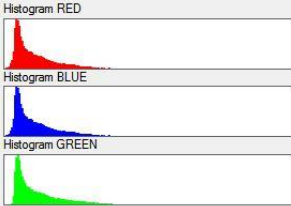

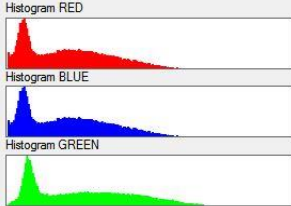

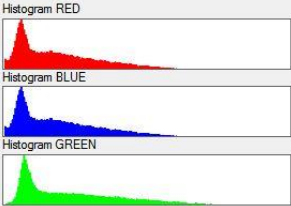

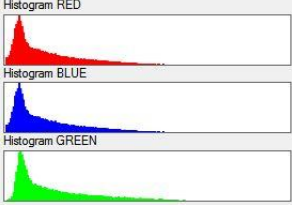
Pengujian hasil pemanggang dilakukan dengan menggunakan visual studio untuk mengetahui nilai histogram RGB(*Red Green Blue*). Dengan mengamati histogram yang dihasilkan maka akan dapat ditentukan kemiripan hasil pemanggang biji kopi.

Tabel 4.6 Tabel hasil pemangangan *medium roast*.

No.	Gambar	Keterangan	Histogram
1		Kopi pembeding <i>medium roast</i>	 <p>Histogram RED</p> <p>Histogram BLUE</p> <p>Histogram GREEN</p>
2		Kopi hasil pemangangan 225°C	 <p>Histogram RED</p> <p>Histogram BLUE</p> <p>Histogram GREEN</p>
3		Kopi hasil pemangangan 230°C	 <p>Histogram RED</p> <p>Histogram BLUE</p> <p>Histogram GREEN</p>
4		Kopi hasil pemangangan 235°C	 <p>Histogram RED</p> <p>Histogram BLUE</p> <p>Histogram GREEN</p>
5		Kopi hasil pemangangan 235°C ke-2	 <p>Histogram RED</p> <p>Histogram BLUE</p> <p>Histogram GREEN</p>

6		Kopi hasil pemanggangan 235°C ke-3	
---	---	------------------------------------	---

Tabel 4.7 Tabel hasil pemanggangan *dark roast*.

No	Gambar	Keterangan	Histogram
1		Kopi pembanding <i>dark roast</i>	
2		Kopi hasil pemanggangan 240°C	
3		Kopi hasil pemanggangan 240°C ke-2	
4		Kopi hasil pemanggangan 240°C ke-3	

Dengan mengetahui histogram dari tiap-tiap hasil pemanggangan biji kopi Tabel 4.6 dan Tabel 4.7. Terdapat kemiripan histogram baik untuk pemanggangan pada tingkat *medium roast* dan *dark roast*. Untuk tingkat kematangan *medium roast* terdapat kemiripan hasil pemanggangan yaitu pada *set point* suhu 235°C. Untuk tingkat kematangan *dark roast* yaitu pada *set point* suhu 240°C.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan dan pengujian yang telah dilakukan pada Tugas Akhir ini dapat disimpulkan bahwa:

Pada Tugas Akhir ini dihasilkan oven pemanggang dengan pemanas kompor *portable*, wadah silinder untuk kopi terletak didalam dengan poros terhubung motor DC yang digunakan sebagai pemutar. Telah dibuat rangkaian sumber arus sebesar 1mA sebagai sumber untuk sensor RTD PT 100. Mengatur besar kecilnya bukaan knob kompor *portable* mempengaruhi peningkatan suhu pada waktu tertentu. Hasil pemanggangan pada tingkat kematangan *medium roast* dengan set point suhu yang berbeda menghasilkan tingkat kematangan yang berbeda. Perbandingan dilakukan dengan mencocokkan kopi pembanding yang telah dimasak sebelumnya oleh seorang ahli dalam bidang memasak biji kopi. Terbukti dengan melihat grafik histogram pada set point 235°C warna biji kopi hasil pemanggangan oleh sistem sama dengan warna biji kopi pembanding. Untuk set point 230°C warna yang dihasilkan terlihat lebih cerah dari pada proses pemanggangan dengan pemberian nilai set point 235°C. Untuk pemberian set point 220°C hasil pemanggangan jauh lebih cerah dibandingkan pemanggangan dengan pemberian nilai set point sebesar 230°C. Blower sebagai pendingin tidak lagi digunakan karena respon pendinginannya tidak jauh berbeda dengan pendinginan manual. Hasil pendinginan manual menunjukkan adanya kemiripan untuk kematangan *medium roast* pada *set point* 235°C dan *dark roast* pada *set point* 240°C. Pengujian kematangan *dark roast* belum maksimal karena suhu yang dihasilkan oleh kompor tidak memadai.

5.2 Saran

Pada Tugas Akhir ini tingkat kematangan yang dihasilkan akan lebih akurat lagi jika pada proses pemanggangan ditambahkan akustik yang berfungsi untuk mendeteksi keretakan yang terjadi pada saat proses pemanggangan, karena kebanyakan ahli pemasak biji kopi meyarankan untuk melihat kematangan dari biji kopi tidak hanya dari suhu akhir yang dihasilkan biji kopi, melainkan dengan mendeteksi keretakan yang terjadi pada biji kopi pada saat proses pemanggangan.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

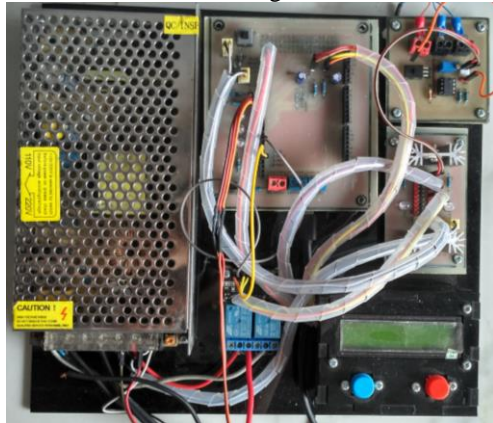
DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jendral Perkebunan, “Statistik Perkebunan Kopi Indonesia,” 2015-2017.
- [2] [Http://www.produknaturalnusantara.com/wp-content/uploads/2013/07/panduan-cara-budidaya-tanaman-buah-kopi-natural-nusantara-distributor-resmi-pupuk-organik-nasa-pocnasa-hormonik-supernasa-pentana-pestona-power-nutrition-bvrglio-metilal-plus-npk-urea-greenstar-300x204.jpg](http://www.produknaturalnusantara.com/wp-content/uploads/2013/07/panduan-cara-budidaya-tanaman-buah-kopi-natural-nusantara-distributor-resmi-pupuk-organik-nasa-pocnasa-hormonik-supernasa-pentana-pestona-power-nutrition-bvrglio-metilal-plus-npk-urea-greenstar-300x204.jpg).
- [3] Fathurrozi Winjaya, Muhammad Rivai, Djoko Purwanto, “Rancang Bangun Mesin Pemanggang Biji Kopi Berbasis *Image Processing* dan Akustik,” Department of Electrical Engineering, Faculty of Industrial Technology, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia., 2017.
- [4] Lokker, Brian,” Coffee Roasts from Light to Dark,” Coffee Crossroads, prospectpark, New Jersey.
- [5] Legaldrugscoffee,” Understanding the coffee roasting,” Legaldrugscoffee.
- [6] Atmel, “SAM3X/SAM3A SERIES” Atmel smart ARM-based MCU, Datasheet, 2015.
- [7] <https://store.arduino.cc/usa/arduino-due>.
- [8] Raman K.Attri, B.K. Sharma, M.A. Shamshi, V.P. Sharma ”Design Approach to use Platinum RTD sensor in Snow Temperature Measurements,” Central Scientific Instrument Organisation, Sector 30, Chandigarh, India, 2015.
- [9] Pamuji Waskito Raharjo, Moh. Toifur, “Kawat Solenoida sebagai Sensor Suhu Berbasis Resistor Temperature Detector Coils (RTD-C),” Program Studi Magister Pendidikan Fisika, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta, 2015.
- [10] Rois’ Am, Kemalasari, Bambang Sumantri, Ardik Wijayanto,”Pengaturan Posisi Motor Servo DC Dengan Metode Fuzzy Logic,” Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, 2015.
- [11] Sneha R. Kirnapure, Vijay R. Wadhankar,” Design and Implementation of Pulse Width Modulation Controller on FPGA using HDL,” Dept. of E&C, Agnihotri College of Engineering, Nagthana Road, Wardha (M.S), India, 2015.
- [12] Putut Dwi Wijaya, Muhammad Rivai, Tasripan,” Rancang Bangun Mesin Pemotong Styrofoam 3 Axis Menggunakan Hot Cutting Pen

- dengan Kontrol PID,” Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Kampus ITS Sukolilo Surabaya, 2018.
- [13] Muhammad Ruswandi Djalal, Rahmat,”Optimisasi Kontrol PID Untuk Motor DC Magnet Permanen Menggunakan Particle Swarm Optimization,” Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Teknik Energi, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar, 2017.
 - [14] Valentine Obiora, Ifeyinwa .E Achumba, “Adaptive Control of Aerial Vehicle Gimbal using Fuzzy-PID Compensator,” Dept. of Electrical/Electronic Engineering Federal University of Technology, Owerri (FUTO) Nigeria, 2018.
 - [15] Agung Andri Kurniawan, Muhammad Rivai, dan Fajar Budiman, “Sistem Pemandu Pendaratan pada Balon Udara Berbasis Pengolahan Citra dan Kendali PID,” Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya, 2017.
 - [16] Onur Günel, Arif Ankarah,”Tuning PID Controller Using Genetic Algorithm And Particle Swarm Optimization Algorithm For Single Propeller Pendulum,” Faculty of Engineering and Natural Science, Department of Mechanical Engineering Ankara Yildirim Beyazit University, Turkey, 2018.
 - [17] Teddy Sudewo, Eka Iskandar, dan Katjuk Astrowulan,” Disain dan Implementasi Kontrol PID Model Reference Adaptive Control untuk Automatic Safe Landing Pada Pesawat UAV Quadcopter,” Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2012.
 - [18] Manoj Kushwah, Ashish Patra,” PID Controller Tuning using Ziegler-Nichols Method for Speed Control of DC Motor,” Dept of Electrical Engineering, Madhav Institute of Technology and Science, Gwalior, India, 2014.
 - [19] Scott, Donna, Sarah, Brooke, Bobby,” How to Roast Coffee for Beginners,” Home Roast Coffee, 1019 Tilda Trail, Cross Plains, USA.
 - [20] Sinnott, kevin,” The Art and Craft of Coffee: An Enthusiast's Guide to Selecting, Roasting, and Brewing Exquisite Coffee,” Quarry Books, Massachusetss.
 - [21] Specialty Coffee Association of America,” Roast For Cupping,” 117 West 4th St, Suite 300, Santa Ana, California, 92701, United States.

LAMPIRAN

Gambar rancangan elektrik



Gambar keseluruhan rancangan alat



Tabel konversi RTD PT100

Temperature Conversion Table

RT Table

Platinum Resistance (-200°C to 239°C)

Temperature Coefficient - 0.00385 Ohms/Ohm/°C

°C	Ohms	°C	Ohms	°C	Ohms	°C	Ohms	°C	Ohms	°C	Ohms	°C	Ohms
-200	18.49	-137	45.11	-74	70.73	-11	95.69	51	119.78	114	143.80	177	167.35
-199	18.93	-136	45.52	-73	71.13	-10	96.09	52	120.16	115	144.17	178	167.72
-198	19.36	-135	45.94	-72	71.53	-9	96.48	53	120.55	116	144.55	179	168.09
-197	19.79	-134	46.35	-71	71.93	-8	96.88	54	120.93	117	144.93		
-196	20.22	-133	46.76	-70	72.33	-7	97.27	55	121.32	118	145.31	180	168.46
-195	20.65	-132	47.18	-69	72.73	-6	97.67	56	121.70	119	145.68	181	168.83
-194	21.08	-131	47.59	-68	73.13	-5	98.06	57	122.09			182	169.20
-193	21.51			-67	73.53	-4	98.44	58	122.47	120	146.06	183	169.57
-192	21.94	-130	48.00	-66	73.93	-3	98.83	59	122.86	121	146.44	184	169.94
-191	22.37	-129	48.41	-65	74.33	-2	99.22	60	123.24	122	146.81	185	170.31
		-128	48.82	-64	74.73	-1	99.61	61	123.62	123	147.19	186	170.68
-190	22.80	-127	49.23	-63	75.13			62	124.01	124	147.57	187	171.05
-189	23.23	-126	49.64	-62	75.53			63	124.39	125	147.94	188	171.42
-188	23.66	-125	50.06	-61	75.93	0	100.00	64	124.77	126	148.32	189	171.79
-187	24.09	-124	50.47	-60	76.33	1	100.39	64	124.77	127	148.70		
-186	24.52	-123	50.88	-59	76.73	2	100.78	65	125.16	128	149.07	190	172.16
-185	24.94	-122	51.29	-58	77.13	3	101.17	66	125.54	129	149.45	191	172.53
-184	25.37	-121	51.70	-57	77.53	4	101.56	67	125.92			192	172.90
-183	25.80			-56	77.93	5	101.95	68	126.31	130	149.82	193	173.26
-182	26.23	-120	52.11	-55	77.92	6	102.34	69	126.69	131	150.20	194	173.63
-181	26.65	-119	52.52	-54	77.92	7	102.73	70	127.07	132	150.57	195	174.00
		-118	52.92	-53	78.32	8	103.12	70	127.07	133	150.95	196	174.37
-180	27.08	-117	53.33	-54	78.72	9	103.51	71	127.45	134	151.33	197	174.74
-179	27.50	-116	53.74	-53	79.11			72	127.84	135	151.70	198	175.10
-178	27.93	-115	54.15	-52	79.51	10	103.90	73	128.22	136	152.08	199	175.47
-177	28.35	-114	54.56	-51	79.91	11	104.29	74	128.60	137	152.45		
-176	28.78	-113	54.97			12	104.68	75	128.98	138	152.83	200	175.84
-175	29.20	-112	55.38	-50	80.31	13	105.07	76	129.37	139	153.20	201	176.21
-174	29.63	-111	55.78	-49	80.70	14	105.46	77	129.75			202	176.57
-173	30.05			-48	81.10	15	105.85	78	130.13	140	153.58	203	176.94
-172	30.47	-110	56.19	-47	81.50	16	106.24	79	130.51	141	153.95	204	177.31
-171	30.90	-109	56.60	-46	81.89	17	106.63			142	154.32	205	177.68
		-108	57.00	-45	82.29	18	107.02	80	130.89	143	154.70	206	178.04
-170	31.32	-107	57.41	-44	82.69	19	107.40	81	131.27	144	155.07	207	178.41
-169	31.74	-106	57.82	-43	83.08			82	131.66	145	155.45	208	178.78
-168	32.16	-105	58.22	-42	83.48	20	107.79	83	132.04	146	155.82	209	179.14
-167	32.59	-104	58.63	-41	83.88	21	108.18	84	132.42	147	156.19		
-166	33.01	-103	59.04			22	108.57	85	132.80	148	156.57	210	179.51
-165	33.43	-102	59.44	-40	84.27	23	108.96	86	133.18	149	156.94	211	179.88
-164	33.85	-101	59.85	-39	84.67	24	109.35	87	133.56			212	180.24
-163	34.27			-38	85.06	25	109.73	88	133.94	150	157.31	213	180.61
-162	34.69	-100	60.25	-37	85.46	26	110.12	89	134.32	151	157.69	214	180.97
-161	35.11	-99	60.66	-36	85.85	27	110.51			152	158.06	215	181.34
		-98	61.06	-35	86.25	28	110.90	90	134.70	153	158.43	216	181.71
-160	35.53	-97	61.47	-34	86.64	29	111.28	91	135.08	154	158.81	217	182.07
-159	35.95	-96	61.87	-33	87.04			92	135.46	155	159.18	218	182.44
-158	36.37	-95	62.28	-32	87.43	30	111.67	93	135.84	156	159.55	219	182.80
-157	36.79	-94	62.68	-31	87.83	31	112.06	94	136.22	157	159.93		
-156	37.21	-93	63.09			32	112.45	95	136.60	158	160.30	220	183.17
-155	37.63	-92	63.49	-30	88.22	33	112.83	96	136.98	159	160.67	221	183.53
-154	38.04	-91	63.90	-29	88.62	34	113.22	97	137.36			222	183.90
-153	38.46			-28	89.01	35	113.61	98	137.74	160	161.04	223	184.26
-152	38.88	90	64.30	-27	89.40	36	113.99	99	138.12	161	161.42	224	184.63
-151	39.30	-89	64.70	-26	89.80	37	114.38			162	161.79	225	184.99
		-88	65.11	-25	90.19	38	114.77	100	138.50	163	162.16	226	185.36
-150	39.71	-87	65.51	-24	90.59	39	115.15	101	138.88	164	162.53	227	185.72
-149	40.13	-86	65.91	-23	90.98	40	115.54	102	139.26	165	162.90	228	186.09
-148	40.55	-85	66.31	-22	91.37	41	115.93	103	139.64	166	163.27	229	186.45
-147	40.96	-84	66.72	-21	91.77	42	116.31	104	140.02	167	163.65		
-146	41.38	-83	67.12			43	116.70	105	140.40	168	164.02	230	186.82
-145	41.79	-82	67.52	-20	92.16	44	116.70	106	140.77	169	164.39	231	187.18
-144	42.21	-81	67.92	-19	92.55	44	117.08	107	141.15			232	187.54
-143	42.63			-18	92.95	45	117.47	108	141.53	170	164.76	233	187.91
-142	43.04	-80	68.33	-17	93.34	46	117.85	109	141.91	171	165.13	234	188.27
-141	43.45	-79	68.73	-16	93.73	47	118.24			172	165.50	235	188.63
		-78	69.13	-15	94.12	48	118.62	110	142.29	173	165.87	236	188.99
-140	43.87	-77	69.53	-14	94.52	49	119.01	111	142.66	174	166.24	237	189.36
-139	44.28	-76	69.93	-13	94.91	49	119.01	112	143.04	175	166.61	238	189.72
-138	44.70	-75	70.33	-12	95.30	50	119.40	113	143.42	176	166.98	239	190.09

Tabel konversi RTD PT100

Temperature Conversion Table

RT Table

Platinum Resistance (240°C to 629°C)

Temperature Coefficient - 0.00385 Ohms/Ohm/°C

°C	Ohms	°C	Ohms	°C	Ohms	°C	Ohms	°C	Ohms	°C	Ohms	°C	Ohms
240	190.45	301	212.77	362	235.87	423	254.95	484	275.56	545	295.75	606	315.52
241	190.81	302	213.23	363	236.22	424	255.27	485	275.89	546	296.08	607	315.84
242	191.18	303	213.69	364	236.56	425	255.61	486	276.23	547	296.41	608	316.16
243	191.54	304	214.04	365	236.91	426	255.95	487	276.56	548	296.74	609	316.48
244	191.90	305	214.40	366	237.26	427	256.29	488	276.89	549	297.06		
245	192.26	306	214.75	367	237.61	428	256.63	489	277.23			610	316.80
246	192.63	307	215.11	368	237.96	429	256.98			550	297.39	611	317.12
247	192.99	308	215.46	369	238.31			490	277.56	551	297.72	612	317.44
248	193.35	309	215.82			430	257.32	491	277.90	552	298.04	613	317.76
249	193.71			370	238.65	431	257.66	492	278.23	553	298.37	614	318.08
		310	215.57	371	239.00	432	258.00	493	278.56	554	298.70	615	318.40
250	194.07	311	215.93	372	239.35	433	258.34	494	278.90	555	299.02	616	318.72
251	194.44	312	216.28	373	239.70	434	258.68	495	279.23	556	299.35	617	319.04
252	194.80	313	216.64	374	239.04	435	259.02	496	279.56	557	299.68	618	319.36
253	195.16	314	216.99	375	239.39	436	259.36	497	279.90	558	300.00	619	319.68
254	195.52	315	217.35	376	239.74	437	259.70	498	280.23	559	300.33		
255	195.88	316	217.70	377	239.09	438	260.04	499	280.56			620	319.99
256	196.24	317	218.05	378	239.43	439	260.38			560	300.65	621	320.31
257	196.60	318	218.41	379	239.78			500	280.90	561	300.98	622	320.63
258	196.96	319	218.76			440	260.72	501	281.23	562	301.31	623	320.95
259	197.33			380	240.13	441	261.06	502	281.56	563	301.63	624	321.27
		320	219.12	381	240.47	442	261.40	503	281.89	564	301.96	625	321.59
260	197.69	321	219.47	382	240.82	443	261.74	504	282.23	565	302.28	626	321.91
261	198.05	322	219.82	383	241.17	444	262.08	505	282.56	566	302.61	627	322.22
262	198.41	323	220.18	384	241.51	445	262.42	506	282.89	567	302.93	628	322.54
263	198.77	324	220.53	385	241.86	446	262.76	507	283.22	568	303.26	629	322.86
264	199.13	325	220.88	386	242.20	447	263.10	508	283.55	569	303.58		
265	199.49	326	221.24	387	242.55	448	263.43	509	283.89				
266	199.85	327	221.59	388	242.90	449	263.77			570	303.91		
267	200.21	328	221.94	389	243.24			510	284.22	571	304.23		
268	200.57	329	222.29			450	264.11	511	284.55	572	304.56		
269	200.93			390	243.59	451	264.45	512	284.88	573	304.88		
		330	222.65	391	243.93	452	264.79	513	285.21	574	305.20		
270	201.29	331	223.00	392	244.28	453	265.13	514	285.54	575	305.53		
271	201.65	332	223.35	393	244.62	454	265.46	515	285.87	576	305.85		
272	202.01	333	223.70	394	244.97	455	265.80	516	286.21	577	306.18		
273	202.36	334	224.06	395	245.31	456	266.14	517	286.54	578	306.50		
274	202.72	335	224.41	396	245.66	457	266.48	518	286.87	579	306.82		
275	203.08	336	224.76	397	246.00	458	266.82	519	287.20				
276	203.44	337	225.11	398	246.35	459	267.15			580	307.15		
277	203.80	338	225.46	399	246.69			520	287.53	581	307.47		
278	204.16	339	225.81			460	267.49	521	287.86	582	307.79		
279	204.52			400	247.04	461	267.83	522	288.19	583	308.12		
		340	226.17	401	247.38	462	268.17	523	288.52	584	308.44		
280	204.88	341	226.52	402	247.72	463	268.50	524	288.85	585	308.76		
281	205.25	342	226.87	403	248.07	464	268.84	525	289.18	586	309.09		
282	205.60	343	227.22	404	248.41	465	269.18	526	289.51	587	309.41		
283	205.95	344	227.57	405	248.76	466	269.51	527	289.84	588	309.73		
284	206.31	345	227.92	406	249.10	467	269.85	528	290.17	589	310.05		
285	206.67	346	228.27	407	249.45	468	270.19	529	290.50				
286	207.02	347	228.62	408	249.79	469	270.52			590	310.38		
287	207.38	348	228.97	409	250.13			530	290.83	591	310.70		
288	207.74	349	229.32			470	270.86	531	291.16	592	311.02		
289	208.10			410	250.48	471	271.20	532	291.49	593	311.34		
		350	229.67	411	250.82	472	271.53	533	291.81	594	311.66		
290	208.45	351	230.02	412	251.16	473	271.87	534	292.14	595	311.99		
291	208.81	352	230.37	413	251.50	474	272.21	535	292.47	596	312.31		
292	209.17	353	230.72	414	251.85	475	272.54	536	292.80	597	312.63		
293	209.52	354	231.07	415	252.19	476	272.88	537	293.13	598	312.95		
294	209.88	355	231.42	416	252.53	477	273.21	538	293.46	599	313.27		
295	210.24	356	231.77	417	252.87	478	273.55	539	293.79				
296	210.59	357	232.12	418	253.22	479	273.88			600	313.59		
297	210.95	358	232.47	419	253.56			540	294.11	601	313.91		
298	211.31	359	232.82			480	274.22	541	294.44	602	314.24		
299	211.66			420	253.90	481	274.55	542	294.77	603	314.56		
		360	233.17	421	254.24	482	274.89	543	295.10	604	314.88		
300	212.02	361	233.52	422	254.59	483	275.22	544	295.43	605	315.20		

Datasheet BD140

Absolute Maximum Ratings

Stresses exceeding the absolute maximum ratings may damage the device. The device may not function or be operable above the recommended operating conditions and stressing the parts to these levels is not recommended. In addition, extended exposure to stresses above the recommended operating conditions may affect device reliability. The absolute maximum ratings are stress ratings only. Values are at $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.

Symbol	Parameter		Value	Unit
V_{CBO}	Collector-Base Voltage	BD136	-45	V
		BD138	-60	
		BD140	-80	
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage	BD136	-45	V
		BD138	-60	
		BD140	-80	
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage		-5	V
I_C	Collector Current (DC)		-1.5	A
I_C	Collector Current (Pulse)		-3.0	A
I_B	Base Current		-0.5	A
P_C	Collector Dissipation	$T_C = 25^{\circ}\text{C}$	12.5	W
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$	1.25	
T_J	Junction Temperature		150	$^{\circ}\text{C}$
T_{STG}	Storage Temperature		-55 to +150	$^{\circ}\text{C}$

Electrical Characteristics

Values are at $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_{CE0(sus)}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage ⁽¹⁾	BD136	-45			V
		BD138	-60			
		BD140	-80			
I_{C0}	Collector Cut-Off Current	$V_{CB} = -30\text{ V}, I_C = 0$			-0.1	μA
I_{E0}	Emitter Cut-Off Current	$V_{EB} = -5\text{ V}, I_C = 0$			-10	μA
h_{FE1}	DC Current Gain ⁽¹⁾	$V_{CE} = -2\text{ V}, I_C = -5\text{ mA}$	25			
h_{FE2}	DC Current Gain ⁽¹⁾	$V_{CE} = -2\text{ V}, I_C = -0.5\text{ A}$	25			
h_{FE3}	DC Current Gain ⁽¹⁾	$V_{CE} = -2\text{ V}, I_C = -150\text{ mA}$	40		250	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage ⁽¹⁾	$I_C = -500\text{ mA}, I_B = -50\text{ mA}$			-0.5	V
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter On Voltage ⁽¹⁾	$V_{CE} = -2\text{ V}, I_C = -0.5\text{ A}$			-1	V

Note:

1. Pulse test: pulse width = 350 μs , duty cycle = 2.0% pulsed.

h_{FE} Classification

Classification	10	16
h_{FE3}	63 ~ 160	100 ~ 250

Datasheet LM358

LM158,A-LM258,A-LM358,A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$V_{CC}^+ = +5V$, $V_{CC}^- = \text{Ground}$, $V_o = 1.4V$, $T_{amb} = +25^\circ C$ (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	LM158A-LM258A LM358A			LM158-LM258 LM358			Unit
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
V_{io}	Input Offset Voltage - note 1) $T_{amb} = +25^\circ C$ LM158, LM258 LM158A $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ LM158, LM258		1	3 2 4		2	7 5 9 7	mV
I_{io}	Input Offset Current $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		2	10 30		2	30 40	nA
I_{ib}	Input Bias Current - note 2) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		20	50 100		20	150 200	nA
A_{vd}	Large Signal Voltage Gain $V_{CC} = +15V$, $R_L = 2k\Omega$, $V_o = 1.4V$ to $11.4V$ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	50 25	100		50 25	100		V/mV
SVR	Supply Voltage Rejection Ratio ($R_s \leq 10k\Omega$) $V_{CC}^+ = 5V$ to $30V$ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	65 65	100		65 65	100		dB
I_{CC}	Supply Current, all Amp, no load $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ $V_{CC} = +5V$ $V_{CC} = +30V$		0.7	1.2 1		0.7	1.2 2	mA
V_{icm}	Input Common Mode Voltage Range $V_{CC} = +30V$ - note 3) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	0 0		$V_{CC}^+ - 1.5$ $V_{CC}^+ - 2$	0 0		$V_{CC}^+ - 1.5$ $V_{CC}^+ - 2$	V
CMR	Common Mode Rejection Ratio ($R_s \leq 10k\Omega$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	70 60	85		70 60	85		dB
I_{source}	Output Current Source $V_{CC} = +15V$, $V_o = +2V$, $V_{id} = +1V$	20	40	60	20	40	60	mA
I_{sink}	Output Sink Current ($V_{id} = -1V$) $V_{CC} = +15V$, $V_o = +2V$ $V_{CC} = +15V$, $V_o = +0.2V$	10 12	20 50		10 12	20 50		mA μA
V_{OPP}	Output Voltage Swing ($R_L = 2k\Omega$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	0 0		$V_{CC}^+ - 1.5$ $V_{CC}^+ - 2$	0 0		$V_{CC}^+ - 1.5$ $V_{CC}^+ - 2$	

Datasheet 7805

MC78XX/LM78XX/MC78XXA

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input Voltage (for $V_O = 5V$ to $18V$) (for $V_O = 24V$)	V_I V_I	35 40	V V
Thermal Resistance Junction-Cases (TO-220)	$R_{\theta JC}$	5	$^{\circ}C/W$
Thermal Resistance Junction-Air (TO-220)	$R_{\theta JA}$	65	$^{\circ}C/W$
Operating Temperature Range	TOPR	$0 \sim +125$	$^{\circ}C$
Storage Temperature Range	TSTG	$-65 \sim +150$	$^{\circ}C$

Electrical Characteristics (MC7805/LM7805)

(Refer to test circuit, $0^{\circ}C < T_J < 125^{\circ}C$, $I_O = 500mA$, $V_I = 10V$, $C_I = 0.33\mu F$, $C_O = 0.1\mu F$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	MC7805/LM7805			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Output Voltage	V_O	$T_J = +25^{\circ}C$	4.8	5.0	5.2	V
		$5.0mA \leq I_O \leq 1.0A$, $P_O \leq 15W$ $V_I = 7V$ to $20V$	4.75	5.0	5.25	
Line Regulation (Note1)	Regline	$T_J = +25^{\circ}C$				mV
		$V_O = 7V$ to $25V$	-	4.0	100	
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}C$				mV
		$I_O = 5.0mA$ to $1.5A$	-	9	100	
Quiescent Current	I_Q	$T_J = +25^{\circ}C$	-	5.0	8.0	mA
		$I_O = 5mA$ to $1.0A$	-	0.03	0.5	
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$V_I = 7V$ to $25V$	-	0.3	1.3	mA
		$I_O = 5mA$	-	-0.8	-	
Output Voltage Drift	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5mA$	-	-0.8	-	mV/ $^{\circ}C$
Output Noise Voltage	V_N	$f = 10Hz$ to $100KHz$, $T_A = +25^{\circ}C$	-	42	-	$\mu V/V_O$
Ripple Rejection	RR	$f = 120Hz$ $V_O = 8V$ to $18V$	62	73	-	dB
Dropout Voltage	V_{Drop}	$I_O = 1A$, $T_J = +25^{\circ}C$	-	2	-	V
Output Resistance	r_O	$f = 1KHz$	-	15	-	$m\Omega$
Short Circuit Current	I_{SC}	$V_I = 35V$, $T_A = +25^{\circ}C$	-	230	-	mA
Peak Current	I_{PK}	$T_J = +25^{\circ}C$	-	2.2	-	A

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Electrical Characteristics (MC7806)

(Refer to test circuit ,0°C < T_J < 125°C, I_O = 500mA, V_I = 11V, C_I = 0.33μF, C_O = 0.1μF, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	MC7806			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Output Voltage	V _O	T _J = +25 °C	5.75	6.0	6.25	V
		5.0mA ≤ I _O ≤ 1.0A, P _O ≤ 15W V _I = 8.0V to 21V	5.7	6.0	6.3	
Line Regulation (Note1)	Reg _{line}	T _J = +25 °C				mV
		V _I = 8V to 25V	-	5	120	
Load Regulation (Note1)	Reg _{load}	T _J = +25 °C				mV
		I _O = 5mA to 1.5A	-	9	120	
Quiescent Current	I _Q	T _J = +25 °C				mA
		I _O = 5mA to 1A	-	-	0.5	
Quiescent Current Change	ΔI _Q	V _I = 8V to 25V	-	-	1.3	mA
		I _O = 250mA to 750mA	-	3	60	
Output Voltage Drift	ΔV _O /ΔT	I _O = 5mA	-	-0.8	-	mV/°C
Output Noise Voltage	V _N	f = 10Hz to 100KHz, T _A = +25 °C	-	45	-	μV/V _O
Ripple Rejection	RR	f = 120Hz V _I = 9V to 19V	59	75	-	dB
Dropout Voltage	V _{Drop}	I _O = 1A, T _J = +25 °C	-	2	-	V
Output Resistance	r _O	f = 1KHz	-	19	-	mΩ
Short Circuit Current	I _{SC}	V _I = 35V, T _A = +25 °C	-	250	-	mA
Peak Current	I _{PK}	T _J = +25 °C	-	2.2	-	A

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Koding Arduino Due

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Servo.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
int sensorPin = A11; // select the input pin for RTD PT100
int relayPin = 13; // select the pin for the LED
int sensorValue ; // variable to store the value coming from the sensor
int mode=1;
int a=0;
Servo myservo;
int b=0;
float v;
```

```

void setup()
{
  pinMode(A11,INPUT); // Pin Input Push Button 1
  pinMode(5,INPUT); // Pin Input Push Button 1
  pinMode(6,INPUT); // Pin Input Push Button 2
  pinMode(13,OUTPUT);
  pinMode(9,OUTPUT); //Pin Out untuk Relay Motor DC
  analogReadResolution(12);
  myservo.attach(2); //Pin Out PWM Motor Servo
  lcd.begin();
  lcd.backlight();
  myservo.write(175);
  delay(1000);
  Serial.begin(9600);
}

```

```

void loop()
{
  tombol5();
  while (mode==1)
  {
    tombol5();
    suhu1();
    digitalWrite(9,HIGH);
    digitalWrite(13,LOW);
    myservo.write(180);
    Serial.println(sensorValue);
    Serial.println(v);
    Serial.println(suhu);
    tombol6();
    if( a == 1 && suhu <= 235)
    {
      suhu1();
      starting();
      delay(1000);
      a++;
      lcd.clear();
      while (a== 2 && suhu <=235)
      {

```



```

suhu1();
digitalWrite(9,LOW);
Serial.println(sensorValue);
Serial.println(suhu);
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Suhu=");
lcd.setCursor(6,0);
lcd.print(suhu);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("SetP= 235");
delay(1000);
if (suhu>=235)
{
  a=0;
  lcd.clear();
}
}
while (suhu>=60)
{
  lcd.clear();
  suhu1();
  digitalWrite(9,LOW);
  digitalWrite(13,HIGH);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("CoolingDown");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Suhu=");
  lcd.setCursor(6,1);
  lcd.print(suhu);
  myservo.write(180);
  delay(1000);
}
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("SELESAI");
digitalWrite(9,HIGH);
digitalWrite(13,LOW);
delay(1000);
}
  lcd.clear();

```

```

    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Mode=");
    lcd.setCursor(6,0);
    lcd.print(mode);
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("1.Medium 2.Dark");
    //lcd.setCursor(10,0);
    //lcd.print(suhu);
    delay(1500);
    a=0;

}

while (mode==2)
{
    tombol5();
    suhu1();
    digitalWrite(9,HIGH);
    digitalWrite(13,LOW);
    myservo.write(180);
    Serial.println(sensorValue);
    Serial.println(v);
    Serial.println(suhu);
    tombol6();
    if( a == 1 && suhu <= 240)
    {
        suhu1();
        starting();
        delay(1000);
        a++;
        lcd.clear();
        while (a== 2 && suhu <=240)
        {
            suhu1();
            digitalWrite(9,LOW);
            Serial.println(sensorValue);
            Serial.println(suhu);
            lcd.setCursor(0,0);

```

```

lcd.print("Suhu=");
lcd.setCursor(6,0);
lcd.print(suhu);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("SetP= 240");
delay(1000);
if (suhu>=240)
{
  a=0;
  lcd.clear();
}
}
while (suhu>=60)
{
  lcd.clear();
  suhu1();
  digitalWrite(9,LOW);
  digitalWrite(13,HIGH);
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("CoolingDown");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Suhu=");
  lcd.setCursor(6,1);
  lcd.print(suhu);
  delay(1000);
}
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("SELESAI");
digitalWrite(9,HIGH);
digitalWrite(13,LOW);
delay(1000);
}
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Mode=");
lcd.setCursor(6,0);
lcd.print(mode);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("1.Medium 2.Dark");

```

```

    // lcd.setCursor(10,0);
    //lcd.print(suhu);
    delay(1500);
    a=0;
  }
}

void tombol5()
{
  if(digitalRead(5)==HIGH){
    mode++;
    delay(300);
  }
  if(mode > 2){
    mode = 1;
  }
}

void suhu1()
{
  sensorValue = analogRead(sensorPin);
  v=sensorValue*3.3/4096;
  suhu=(220.19*v) - 244.31;
}

void tombol6()
{
  if(digitalRead(6)==HIGH)
  {
    a++;
    delay(300);
  }
}

void starting()
{
  if(a==1)
  {
    myservo.write(180);
    delay(2000);
    myservo.write(0);
    delay(1000);
  }
}

```

```

    myservo.write(20);
    delay(300);
}
}
void kontrolP()
{
    float Kp=8;
    float error=Setpoint-suhu;
    float P=Kp*error;
    if (P<=0)
        myservo.write(180);
    if (P>=180)
        myservo.write(20);
}

```

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BIODATA PENULIS



Irwan Juniar Sasongko lahir di Surabaya, 15 Juni 1994, yang merupakan anak dari pasangan Sutrisno dan Lely Sasmita Wati. Penulis adalah anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Negeri Simo Mulyo 2 Surabaya (2000 s.d. 2006) kemudian melanjutkan ke jenjang pendidikan menengah di SMP Negeri 25 Surabaya (2006 s.d. 2009) dan dilanjutkan ke jenjang atas di SMA Negeri 21 Surabaya (2009 s.d. 2012). Pada jenjang perguruan tinggi penulis memulai pendidikan pada jenjang pendidikan Diploma di D3 Otomasi Sistem Instrumentasi, Fakultas Sains dan

Teknologi, Universitas Airlangga pada tahun 2012. Kemudian penulis menyelesaikan masa pendidikan Diploma pada tahun 2015. Penulis kemudian melanjutkan kembali jenjang pendidikan Sarjana di S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2016. Semasa kuliah pada jenjang Diploma maupun jenjang Sarjana penulis pernah melaksanakan kerja praktek di PT PERTAMINA (*Lube Oil Blanding Plant*) Gresik dan juga PT LEN Industri Bandung.

Email : Irwanjuniarss@gmail.com
HP/WA : 085815552938